

**LABORATORIO ENERGÍAS RENOVABLES.
SEGUNDA FASE: MONTAJE Y REALIZACIÓN DE GUÍAS.**

HÉCTOR FAVIO SÁNCHEZ GARCÍA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRICA
SANTIAGO DE CALI
2009**

**LABORATORIO ENERGÍAS RENOVABLES.
SEGUNDA FASE: MONTAJE Y REALIZACIÓN DE GUÍAS.**

HÉCTOR FAVIO SÁNCHEZ GARCÍA

Pasantía para optar el título de
Ingeniero Electricista

Director
YURI ULIANOV LÓPEZ CASTRILLÓN
Ingeniero Electricista –UAO 1995
Estudiante Doctorado Energías Renovables y Eficiencia Energética
Universidad de Zaragoza

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRICA
SANTIAGO DE CALI
2009**

Nota de Aceptación:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar el título de Ingeniero Electricista.

YURI ULIANOV LOPEZ

Firma del Presidente del Jurado

NESTOR PINCAY

Firma del Jurado

KENYI WATANABE

Firma del Jurado

Santiago de Cali, 27 de febrero de 2009

AGRADECIMIENTOS

Me permito dar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que contribuyeron y aportaron con su valiosa colaboración en asesoría, documentación, dinero para la realización del proyecto, pero especialmente a toda mi familia por su apoyo y ayuda incondicional.

- A los profesores y compañeros de la Universidad Autónoma de Occidente.
- Ing. MSC Jesús Antonio Lemos, Director del Programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Autónoma de Occidente. Cali. Colombia
- Ing. Yuri Ulianov López Castrillon, Docente y amigo de la Universidad Autónoma de Occidente. Cali. Colombia
- Ing. Bernardo Jiménez. Laboratorio Sistemas Dinámicos. Universidad Autónoma de Occidente. Cali. Colombia

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	12
RESUMEN	14
INTRODUCCION	15
1 MARCO TORICO	16
2 ENERGIAS (FUNDAMENTACION)	18
2.1 ENERGIA SOLAR	18
2.1.1 Antecedentes	18
2.2 POSICION DEL SOL	18
2.2.1 Sistema sol – tierra	18
2.2.2 Posición del sol: Coordenadas horarias	19
2.2.3 Posición del sol: Coordenadas angulares	20
2.3 RECURSOS	22
2.3.1 Medición de la energía solar incidente sobre el suelo	22
2.4 COMPONENTES DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	24
2.4.1 Sistema fotovoltaico	24
2.5 INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA	24
2.6 DIMENSIONADO DE LA INSTALACION	26
2.7 ENERGIA EOLICA	28

2.7.1 Antecedentes	28
2.8 GENERALIDADES DEL VIENTO	29
2.8.1 La energía contenida en el viento. teoria de betz	29
2.8.2 Tipos de maquinas eólicas	31
2.8.2.1 Maquinas eólicas de eje horizontal	31
2.8.2.2 Maquinas eólicas de eje vertical	33
2.9. ENERGIA HIDRAULICA	34
2.9.1 Antecedentes	34
2.9.2 Ubicación de centrales hidroeléctricas	35
2.9.3 Tipos de centrales hidroeléctricas	38
2.10. ENERGIA GEOTERMICA	38
2.10.1. Antecedentes	38
2.10.2. Ubicación de fuentes geotérmicas en Colombia	40
2.10.3. Clasificación de recursos geotérmicos	42
2.10.4. Tipos de yacimientos geotérmicos según la temperatura	44
2.11. PILAS DE COMBUSTIBLE	44
 3 MONTAJE DEL LABORATORIO	 47
3.1 DESCRIPCION	47
3.2 MONTAJE DEL AEROGENERADOR	50
3.3 MONTAJE DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	52
3.3.1 Ensamble estructura – huerto solar	52
3.4 INSTALACION DEL SUNNY BOY PARA CONEXIÓN A RED	53

4. CONCLUSIONES	56
BIBLIOGRAFIA	57
ANEXOS	58

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1. Composición de generación de energía en Colombia.	17
Figura 2. Movimiento de la tierra respecto del sol.	19
Figura 3. Posición del sol respecto de una superficie inclinada.	21
Figura 4. Piranómetro.	22
Figura 5. Actinómetro.	22
Figura 6. Heliógrafo.	23
Figura 7. Componentes de un sistema fotovoltaico.	24
Figura 8. Plataforma solar de almería.	25
Figura 9. Parque eólico marino.	30
Figura 10. Maquinas de eje horizontal.	32
Figura 11. Maquinas de eje vertical.	33
Figura 12. Presa de las tres gargantas.	36
Figura 13. Presa hidroeléctrica.	38
Figura 14. Energía geotérmica.	39
Figura 15. Preparación de alimentos utilizando energía geotérmica.	40
Figura 16. Aprovechamiento de las cálidas aguas de la montaña para cocinar	41
Figura 17. Esquemas de funcionamiento de una pila de combustible.	45
Figura 18. Despiece del aerogenerador utilizado en la UAO.	48
Figura 19. Partes del aerogenerador utilizado en la UAO.	48
Figura 20. Mini Thermo – Anemómetro.	49
Figura 21. Instalación de las aspas del aerogenerador.	50

Figura 22. Preparación del conjunto eólico.	51
Figura 23. Preparación del poste e instalación conjunto aerogenerador.	51
Figura 24. Armado de paneles.	52
Figura 25. Ubicación de los paneles solares.	53
Figura 26. Conexión inversor Sunny Boy 700.	54
Figura 27. Interior del inversor.	54
Figura 28. Instalación y configuración del Sunny Boy 700.	55

LISTAS DE ANEXOS.

	Pág.
Anexo A. Cotización Equipo Air 400	58
Anexo B. Precio Instalación solar	60
Anexo C. Calculo de la demanda laboratorio de vapor	61
Anexo D. Datos de radiación proyectados por la estación meteorológica	63
Anexo E. Diseño y realización de las guías del laboratorio	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Nuevos proyectos de hidroeléctricas en Colombia	Pág. 37
Tabla 2. Utilización de energía geotérmica para calentamiento directo en Colombia.	43

GLOSARIO

ACUIFERO: dicho de una capa o vena subterránea: Que contiene agua.

AEROGENERADOR: es un generador eléctrico movido por una turbina eólica accionada por el viento. Sus precedentes directos son los molinos de viento que se empleaban para la molienda y obtención de harina.

CELDA O CELULA SOLAR: es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica (*fotones*) en energía eléctrica (*electrones*) mediante el efecto fotoeléctrico.

COMBUSTIBLES FOSILES: los combustibles fósiles son mezclas de compuestos orgánicos que se extraen del subsuelo con el objetivo de producir energía por combustión.

CONVECCION: transporte en un fluido de una magnitud física, como masa, electricidad o calor, por desplazamiento de sus moléculas debido a diferencias de densidad.

ELECTROLISIS: consiste en la descomposición mediante una corriente eléctrica de sustancias ionizadas denominadas electrolitos. La palabra *electrolisis* procede de dos radicales, *electro* que hace referencia a electricidad y *lisis* que quiere decir ruptura.

ENERGIA RENOVABLE: es la energía que se obtiene de fuentes naturales inagotables y limpias.

ENTALPIA: magnitud termodinámica de un cuerpo, igual a la suma de su energía interna más el producto de su volumen por la presión exterior.

INVERSOR: también llamado Ondulador, es un circuito utilizado para convertir corriente continua en corriente alterna. La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente directa a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o diseñador.

NUTACION: a lo largo del año la posición de eje de giro oscila ligeramente alrededor de la posición media.

PILA DE HIDROGENO O FULL CELL: célula que produce electricidad por la oxidación del combustible (hidrogeno y el oxígeno).

RESERVORIO: una roca almacenadora con baja permeabilidad y una gran porosidad que puede ser primaria o secundaria,- lo cual permite la circulación de fluidos geotérmicos; además tiene ciertas propiedades de retención que permiten al fluido calentarse en el reservorio cuando la convección ocurre, los coeficientes de viscosidad y dilatación del fluido, también se afectan y se tiene la máxima eficiencia en el sistema.

ROTACION: es el movimiento de cambio de orientación de un cuerpo extenso de forma que, dado un punto cualquiera del mismo, este pertenece a una distancia constante de un punto fijo.

TRANSLACION: es un movimiento en el cual se modifica la posición de un objeto, en contraposición a una rotación.

RESUMEN

Este documento reúne las memorias de la actividad de la pasantía investigativa realizada en la universidad Autónoma de Occidente, que tuvo como finalidad la culminación del laboratorio de energías renovables, con la realización del montaje de un aerogenerador y un sistema solar conectado a red. Además, la realización de las guías de los laboratorios de demanda, sensores meteorológicos, energía solar y energía eólica.

El diseño y realización de las guías de laboratorio, permitirá que los estudiantes de la UAO, conozcan el funcionamiento y practiquen en estos sistemas de generación de energía eléctrica renovable y de ésta manera entender su buen comportamiento con el medio ambiente.

El trabajo está dividido en tres partes. La parte uno, presenta la fundamentación de los distintos recursos energéticos y las diversas energías renovables. La parte dos, describe paso a paso el montaje de paneles conectados a red y un aerogenerador en laboratorio de energías renovables y la tercera parte comprende el diseño y realización de las guías de laboratorio.

INTRODUCCION

Durante los últimos tres siglos, la industrialización de todos los países del mundo se ha basado esencialmente en la combustión de carbones e hidrocarburos. Las mayores exigencias de calidad de vida en los países más avanzados, ha acarreado una fuerte dependencia de estas fuentes de energía.

El consumo de energía se ha incrementado exponencialmente en estos trescientos años, a la vez que lo hace la población mundial. La consecuencia ya se conoce: las fuentes tradicionales de energía, que necesitaron millones de años para formarse se están agotando, y emiten elevados niveles de contaminación a la atmosfera y los mares.

Es así que el mundo se enfrenta al reto de suministrar energía limpia y renovable a una población creciente, y este incremento en la población se localizara en los países actualmente considerados pobres.

Con este proyecto se creara el laboratorio de energías renovables de la UAO, implementar el funcionamiento de una guía y montaje para el comportamiento de los diferentes tipos de energías renovables.

A nivel mundial el estudio de la energía renovable se encuentran como energías inagotables, al estar causadas por los fenómenos físicos de gran envergadura como la geotérmica y las mareas, que son recursos naturales que se pueden reutilizar.

La idea de este proyecto, es que estudiantes, egresados y comunidad en general, cuente con el espacio y el material didáctico-practico que permita conocer sobre el aprovechamiento de la energía solar, eólica y de hidrogeno en el laboratorio de energías renovables de la Universidad. También se pretende que el proyecto pueda ser complemento a corto plazo de otros cursos como eficiencia energética y modulo de medidores para formar profesionales con responsabilidad social por el medio ambiente.

1. MARCO TEORICO.

Se considera energía renovable aquella que tiene su origen en la radiación solar. Esto significa que, no solo es renovable la energía solar producida directamente por la radiación de la luz, sino que también son energías renovables, las desencadenadas por el calentamiento de la tierra, la hidráulica y la eólica. Asimismo, se suelen considerar energías renovables las que aparentemente son inagotables, al estar causadas por los fenómenos físicos de gran envergadura como la geotérmica y las mareas, que son recursos naturales que se pueden reutilizar.

En la actualidad por medio de energías renovables se genera aproximadamente el 1.5% de energía eléctrica en el mundo, pero es una cifra que va en aumento gracias a las campañas e interés de los países desarrollados por el cuidado del medio ambiente.

En los últimos años distintos países ha creado normas para motivar el estudio y aplicación de nuevas tecnologías para la generación de energía eléctrica. Por ejemplo:

California, y E.E U.U ha exigido a las empresas de servicios públicos obtener el 20% de su energía eléctrica de fuentes renovables para el año 2017, y Nueva York se ha comprometido a obligar a las compañías generadoras de energía a sustituir en un 25% la generación de electricidad con base a carbón e hidrocarburos por fuentes renovables para el año 2013.

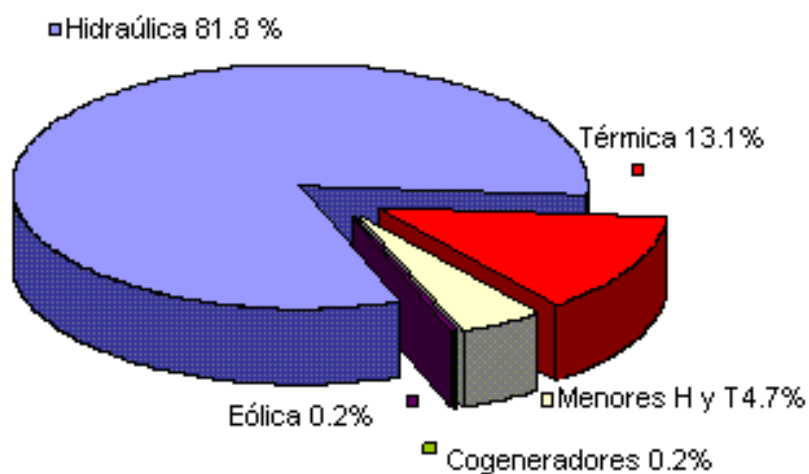
En Colombia existe la ley 697 de 2001 donde declara el uso racional y eficiente de la energía "URE" como un asunto de interés social, público y de convivencia social. Además esta ley también expresa de la creación del programa de uso racional de la energía y demás formas de energía no convencionales "PROURE" cuyo objetivo es aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética , este cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética y protección del medio ambiente.

En el artículo 9º y 10º se comenta de la promoción del uso de la fuente no convencionales de energía y de los incentivos a las empresas que importen o produzcan piezas, calentadores, paneles solares, generadores biogás, motores eólicos, y/o cualquier otra tecnología que use como fuente total o parcial las energías no convencionales, ya sea con destino de venta directa al público o a la producción de otros implementos, orientados en forma específica a proyectos en el campo URE.

Los avances tecnológicos de los recursos renovables empiezan a partir del protocolo de Kioto, este protocolo es un pacto al que llegaron los gobiernos en la conferencia de las naciones unidas, celebrada en Kioto, Japón en 1997.

Alrededor del mundo se utilizan distintas energías para generar electricidad y si se usa una más que otras es por las condiciones del territorio, un claro ejemplo es nuestro país, donde tenemos una hidrografía inmensa que se ve reflejada en la composición de la generación de electricidad. (Véase figura 1).

Figura 1. Composición de generación de energía en Colombia.



Fuente: Unidad estratégica de negocios de energía: Dirección distribución. Santiago de Cali: EPSA E.S.P, 2008. p. 30.

2. ENERGIAS (FUNDAMENTACION)

2.1 ENERGIA SOLAR.

2.1.1 Antecedentes. La energía solar es aquella que obtenemos del aprovechamiento directo de la radiación del sol. Se puede aprovechar la energía solar de dos formas, una es con un sistema fotovoltaico, que está compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la radiación luminosa del sol y la transforman en corriente continua a baja tensión (12 ó 24 V), este sistema está acompañado por un acumulador, que almacena la energía producida y permite utilizar corriente eléctrica en horas que no exista luz, un regulador de carga, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador y el inversor que transforma la corriente continua en corriente alterna a 220 ó 110V. La segunda forma es el sistema solar térmico, que consiste en el aprovechamiento directo del sol, por medio de colectores que permiten calentar el agua para producir vapor y a su vez hacer girar una turbina.

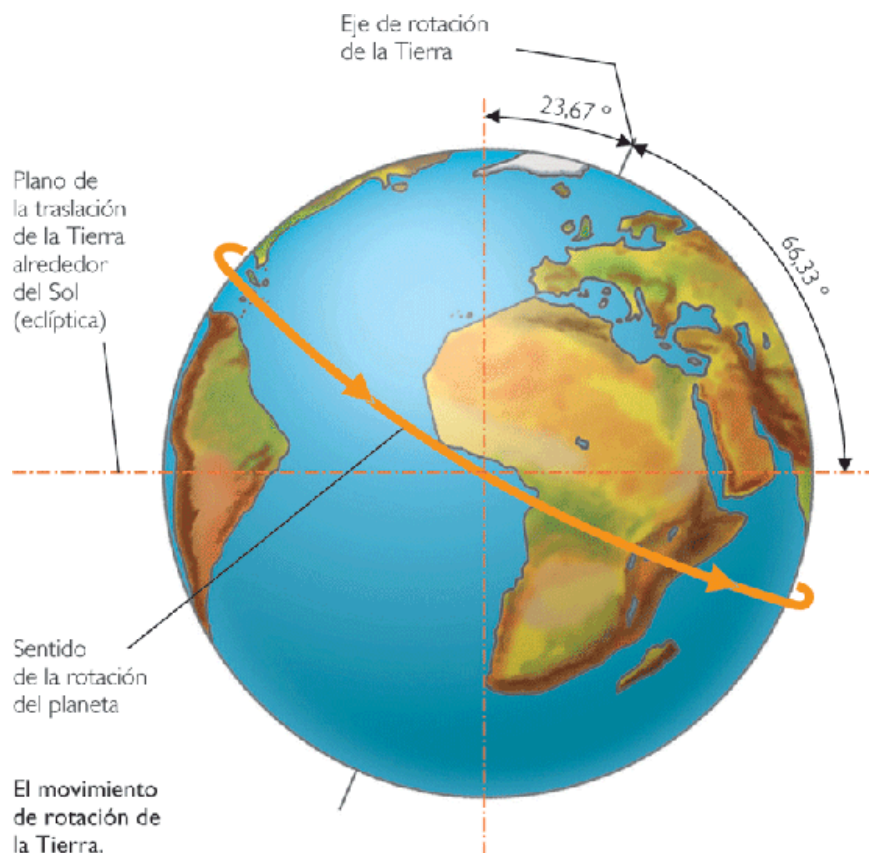
2.2 POSICION DEL SOL.

2.2.1 Sistema de sol – tierra. El sol es una estrella, formada casi toda por hidrogeno y una pequeña proporción de helio, en la que desarrolla una cantidad de energía, debido a una reacción nuclear de fusión, reacción que tiene lugar gracias a las altas temperaturas y presiones que se alcanzan en su interior.

La energía generada en el interior del sol se transmite a la fotosfera mediante mecanismos de convección, llega a la zona llamada de inversión y finalmente cromosfera y la corona. Estas últimas capas no son completamente transparente, lo cual hace que el sol no se comporte exactamente como un cuerpo negro y que, para la mayoría de las aplicaciones prácticas de la energía solar, se considere que su temperatura aparente es de 5800K; que es la temperatura que debería tener un cuerpo negro ideal para que radiara una energía equivalente a la radiada por el sol.

El movimiento de la tierra respecto del sol puede descomponerse en tres movimientos elementales: traslación, rotación y nutación.

Figura 2. Movimiento de la tierra respecto al sol.



Fuente: JUTGLAR, Lluís. Energía Solar. 3 ed. Barcelona: Ceac, 2004. p.12.

2.2.1 Posición del sol: coordenadas horarias. Un método para indicar la posición del sol, respecto de un punto situado sobre la superficie terrestre, se basa en utilizar las coordenadas horarias.

La posición del sol se determina mediante tres ángulos:

Declinación (δ): El ángulo que forma el plano del ecuador con la dirección en que se encuentra el sol.

Latitud (Φ): Es el ángulo comprendido entre el paralelo del lugar y el ecuador, tomándose como positivo para el hemisferio norte y negativo para el hemisferio sur.

Angulo horario (h). Es el ángulo comprendido entre el plano meridiano que pasa por el punto considerado y el plano meridiano que pasa por el sol. Recibe el nombre de horario, precisamente su valor depende de la hora del día; cuando el

sol pasa por el punto mas alto de su trayectoria (mediodía solar), el ángulo horario es nulo, antes será negativo y después positivo. Teniendo en cuenta que una circunferencia completa tiene 360^0 y un día completo tiene 24 horas, a cada hora corresponderá un ángulo de 15 grados y el ángulo horario vendrá dado por :

$$h = 15(TSV - 12) \quad (1)$$

h: Angulo horario expresado en grados.

TSV: es el tiempo solar verdadero expresado en horas

Si la velocidad de rotación de la tierra fuera uniforme a lo largo del año, todos los días del año durarían 24 horas de reloj convencional de marcha uniforme, pero como esto no es cierto, no puede utilizarse reloj normal para conocer el TSV.

Para solventar esta dificultad, se ha definido un tiempo solar medio TSM, que es un tiempo ficticio, que deriva de suponer la tierra como una esfera que se mueve con una velocidad de rotación constante a lo largo de todo el año. La diferencia entre ambos tiempos se conoce como ecuación de tiempo.

$$ET = TSV - TSM \quad (2)$$

Donde

ET: es la ecuación de tiempo en minutos

2.2.3 Posición del sol: coordenadas angulares. En este sistema se toma como referencia el plano del horizonte, que es el plano tangente a la superficie de la tierra en el punto considerado, en lugar del plano ecuatorial y se sitúa el sol mediante dos ángulos:

Azimuth (\emptyset): es el ángulo comprendido entre la dirección sur y la dirección de la proyección del sol sobre el plano horizontal. El origen de ángulos se sitúa en la dirección sur y se consideran positivos los medidos hacia el oeste y negativos los medidos hacia el este.

Altitud (B): es el ángulo comprendido entre la posición del sol y su proyección sobre el plano horizontal. El origen esta en el horizonte y se consideran positivos los medidos en sentido ascendente.

Inclinación: Es el ángulo formado por la superficie considerada y el plano horizontal.

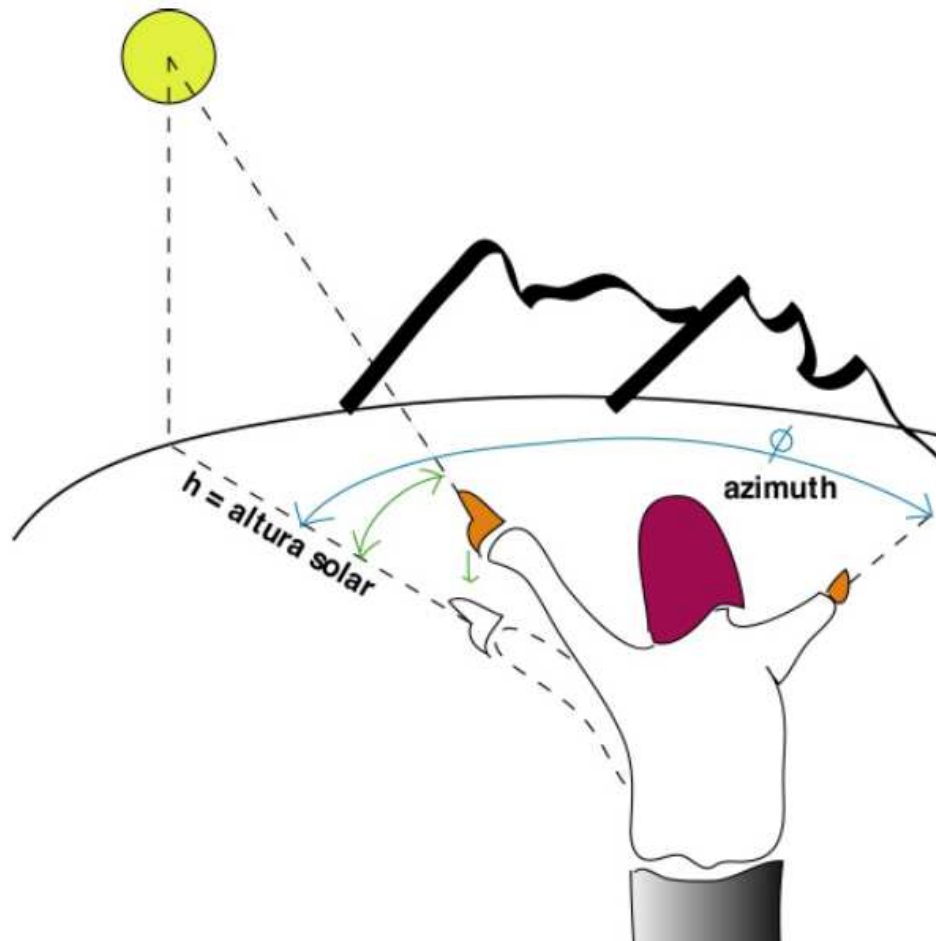
Algunas veces se utiliza el ángulo cenital, que es comprendido entre la posición del sol y la perpendicular al plano horizontal en el punto considerado.

$$\phi = 90 - B \quad (3)$$

Donde

ϕ es el ángulo cenital

Figura 3. Posición del sol respecto de una superficie inclinada.



Fuente: JUTGLAR, Lluís. Energía Solar. 3 ed. Barcelona: Ceac ,2004. p.17

2.3 RECURSOS.

2.3.1 Medición de la energía solar incidente en el suelo. Los instrumentos más utilizados en la medición de la radiación solar son:

- Piranómetro (también llamado solarímetro): Consta de un sensor colocado bajo una cubierta semiesférica normalmente de cristal de cuarzo, que debe ser transparente para cualquier longitud de onda.

Figura 4. Piranómetro.



Fuente: JUTGLAR, Lluís. Energía Solar. 3 ed. Barcelona: Ceac, 2004. p. 23

- Pirheliómetro (también llamado actinómetro): Un instrumento que solo proporciona medidas correctas cuando esta enfocado directamente al sol; cuando se desea disponer en una lectura continua a lo largo del día, el equipo consta del instrumento medidor mas un sistema de seguimiento.

Figura 5. Actinómetro.



Fuente: JUTGLAR, Lluís. Energía Solar. 3 ed. Barcelona: Ceac, 2004. p. 24

- Heliógrafo: este instrumento como se puede ver en la figura 6, se utiliza para medir la insolación, que es el número de horas de sol brillante que se produce a lo largo del día. Consiste en una bola de cristal transparente interpuesta entre sol y una banda semicircular de papel sensible a la luz. La bola esférica concentra la luz sobre la banda de papel y deja una marca, cuya intensidad es cualitativamente proporcional a la intensidad de la radiación solar. Esta marca se mueve sobre el papel a medida que el sol recorre su camino de este oeste; cuando el sol se oculta tras las nubes, la intensidad de la radiación que al papel es débil y no deja señal alguna.

Sobre estas tiras de papel se marcan las horas y midiendo la longitud de la huella dejada por el sol se calcula la insolación.

Normalmente se acepta como insolación aquel tiempo durante el cual la irradiación solar directa es igual o mayor que 100W/m^2 .

El cociente entre las horas de insolación y la duración del día soleado, calculada como se ha indicado anteriormente, se conoce como coeficiente de insolación y es adimensional.

$$\sigma = \frac{n}{N} \quad (4)$$

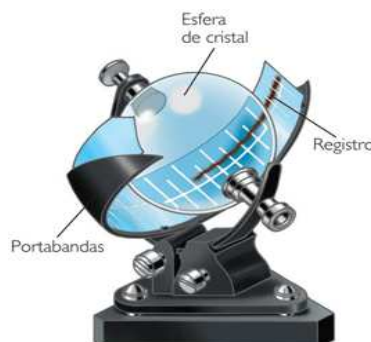
Donde

σ es el coeficiente de insolación

n : las horas de insolación

N : la duración del día desde la salida hasta la puesta del sol.

Figura 6. Heliógrafo.



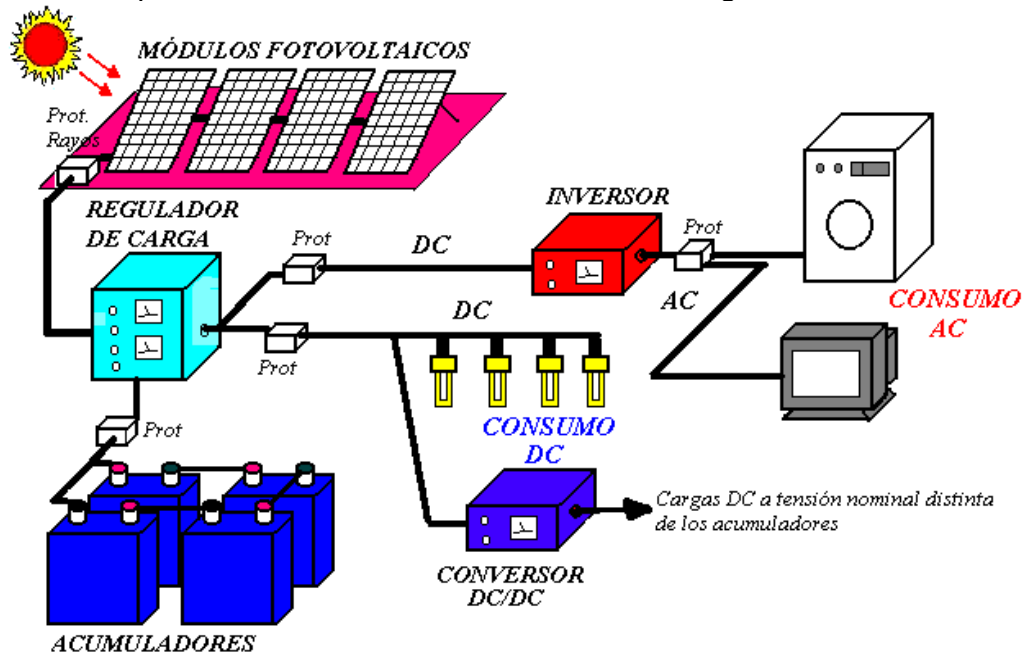
Fuente: JUTGLAR, Lluís. Energía Solar. Barcelona: ed Ceac, 2004. p. 26.

2.4 COMPONENTES DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.

2.4.1 Sistmas fotovoltaicos. Los sistemas fotovoltaicos se basan en la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica mediante la conversión fotovoltaica; esta se consigue mediante unos dispositivos llamados células solares.

Una célula solar está formada por tres elementos: Un semiconductor tipo n (exceso de carga negativa, una unión pn y un semiconductor tipo p (exceso de carga positiva). La luz del sol llega a la superficie, si posee la energía suficiente, libera electrones y crea una diferencia de potencial entre ambos semiconductores que, cuando se cierra externamente el circuito es capaz de hacer circular una corriente eléctrica.

Figura 7. Componentes de un sistema solar fotovoltaico genérico.



Fuente: JUTGLAR, Lluís. Energía Solar. Barcelona: ed Ceac, 2004. p. 28.

2.5 INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA

Las instalaciones fotovoltaicas se pueden clasificar en tres grandes categorías:

- Instalaciones autónomas : es totalmente aislada de la red (instalación de isla) y consta de un campo de colectores, un regulador del estado de carga y descarga de las baterías, un circuito de consumo de corriente continua, un inversor y un circuito de corriente alterna Ej. Casas rurales, faros repetidores telecomunicaciones, etc.).
- Instalaciones conectadas a la red eléctrica: se caracterizan por no tener consumo en corriente continua o tenerlo muy pequeño. El esquema de principio es mucho más simple, puesto que solo consta de un inversor y un equipo de conexión a la red eléctrica La red funciona como acumulador de grandes dimensiones (análogo al depósito térmico de las instalaciones fototermicas).
- Las centrales solares fotovoltaicas son instalaciones en las que la demanda de electricidad se cubre con energía de la red y la electricidad generada se vierte a la misma red. Ambos circuitos están totalmente separados y cubre amplias zonas para generar valores de cientos de MW.

Figura 8. Plataforma solar de Almería.



Fuente: JUTGLAR, Lluís. Energía Solar. Barcelona: Ceac, 2004. p.30.

2.6 DIMENSIONADO DE LA INSTALACION

El dimensionado de los componentes del sistema de captación de energía solar y generación de electricidad depende de una instalación unifamiliar a partir de conseguir autoabastecerse con el menor gasto posible, para evaluar la demanda y fija el tiempo de reserva para calcular la superficie de paneles necesarios y la capacidad de acumulación de las baterías.

El dimensionamiento de los componentes se hace analizando la carga y construyendo un cuadro de cargas donde se describen los principales equipos, luminarias y los tomacorrientes.

Se calculan las horas que funciona cada equipo y se define la energía en Wh, se suma la potencia de la casa y la energía por día y por mes.

- *Estimación de generación y superficie de captación.* Conocer la radiación de dicha superficie, con la orientación (generalmente al sur), e inclinación deseada, se calcula:

$$A_{min} = \frac{E_d}{n_s n_p \sum H_t} \quad (5)$$

Donde

A_{min} : Superficie mínima efectiva de paneles solares (m²)

E_d : Energía diaria demandada (Wh)

H_t : Radiación solar media horaria (Wh)

n_s : Rendimiento del resto del sistema (regulador, baterías, inversor)

n_p : Rendimiento del panel según radiación y temperaturas.

Si se quiere acumular energía para cubrir la demanda en días nublados, deberá multiplicarse esta superficie por el número de días de reserva deseados.

La energía diaria generada, en caso de un día claro y sin nubes, vendrá dada por

$$E_g = A_{pan} n_s n_p \sum_n H_i \quad (6)$$

Donde

A_{pan} : es el producto del área mínima por los días de reserva (R) = RA_{min}

R = Número de días de reserva.

Para el caso del laboratorio de energía renovables, se calculo el Rendimiento del panel Kyocera 85T según radiación y temperaturas existentes en Santiago de Cali y luego se determina el área mínima de captación para cubrir toda la demanda. (Ver anexo 4).

- *Calculo de la potencia.*
 - No. Teórico de paneles necesarios es:
 - No Teórico paneles necesarios = Wh / día dividido en (W pico* h / día potencia eléctrica 24 horas)
 - No. Real = Teórico / rendimiento global del sistema
 - Y se redondea por arriba (Ej.: 7.5 se redondea 8 paneles)
 - Tamaño de las baterías. Las baterías deben de ser capaces de almacenar y devolver la energía diaria demandada mas la reserva. Su capacidad teórica vendrá dada por

$$C_{teo} = \frac{R E_d}{n_b V} \quad (7)$$

Donde

C_{teo} : Capacidad teórica de las baterías (Ah)

R : Número de días de reversa

E_d : Energía diaria demandada (Wh)

V : Tensión de las baterías

η_b : Rendimiento del ciclo carga- descarga de las baterías.

Dado que se aconseja no llegar al agotamiento total de la carga de las baterías, la capacidad real vendrá dada por

$$C_{bat} = \frac{C_{teo}}{f} \quad (8)$$

f : Fracción de carga que se puede consumir sin llegar a su agotamiento total.

Solamente resta el análisis económico o viabilidad para definir la ventaja del sistema.

2.7 ENERGIA EOLICA.

2.7.1 Antecedentes. La energía eólica se considera una forma indirecta de la energía solar, puesto que el sol, al calentar las masas de aire, produce un incremento en la presión atmosférica y con ello el desplazamiento de estas masas a zonas de menor presión. Así se da origen a los vientos, que para efectos de generación eléctrica se aprovechan con aerogeneradores, los cuales tienen unas palas, un rotor y un generador que se mueve por arrastre del rotor^[7].

El hombre ha aprovechado para sus fines industriales la energía contenida en el viento y las corrientes de agua desde tiempos inmemorables. Entre las técnicas mas antiguas de aprovechamiento de la energía de los fluidos atmosféricos están el desplazamiento y transporte, la molienda del grano, la extracción de aceites, el prensado de materia vegetal, el aserrado de madera, desde luego la elevación y trasiego de agua para el regadío y el abastecimiento humano y animal.

Pero los efectos beneficiosos de la lluvia y el viento son claramente mayores que sus ocasionales perjuicios, pues la lluvia fuente de vida que trae el viento. En las modernas urbes saturadas por las emisiones de los vehículos y por los humos de las pocas eficientes calderas de calefacción, y afectadas por el polucionado aire de las zonas industriales que las rodean, la lluvia y el viento tienen un efecto atmosférico limpiador y renovador. De tal punto que, cuando se producen, se crean situaciones de riesgo para la salud humana. Así tenemos, como paradigma, la contaminación aérea generalizada, agravada cuando aparece el fenómeno térmico, en ciudad de México. En esta gran metrópoli, ubicada en una hondonada, cuando por encima del aire de la ciudad, enfriado por radiación nocturna hacia el cielo, se sitúa una masa de aire más caliente, se produce un taponamiento que

impide el movimiento ascendente del primero. De modo, se originan situaciones críticas para la población propiciándose el aumento de las enfermedades respiratorias crónicas.

Los más antiguos molinos accionados por el viento eran de eje vertical y pueden situarse en Persia, hace unos 3700 años, parece ser que en la misma época histórica también se desarrolla, en china un molino de eje vertical. La rueda hidráulica aparece tiempo después para la aplicación primordial de estos molinos de agua y de viento era la sustitución del trabajo animal y humano para la molienda del grano. Por otro lado el desarrollo de técnica de engranajes para transmitir el movimiento giratorio variando la posición del eje de giro fue necesario para el desarrollo tecnológico de la energía hidráulica y la eólica ^[1].

2.8 GENERALIDADES DEL VIENTO

La fuerza del viento que ejerce sobre una superficie interpuesta en su trayectoria depende de su velocidad. El almirante Beaufort estableció hacia 1805 una clasificación de la fuerza del viento de los vientos según sus efectos sobre las aguas del mar. La escala Beaufort sigue usándose en la actualidad, se divide en 17 grados a los que les corresponde un intervalo de velocidades de viento, una descripción del efecto marino y una descripción del efecto terrestre ^[4].

2.8.1 La energía contenida en el viento. Teoría de Betz. La energía contenida en una masa de aire en circulación es la debida a su movimiento y a la altura a la que se encuentre (teorema de Bernoulli). Por tanto, suponiendo que el aire circule horizontalmente sin variar la altura. La energía extraíble es cinética. La definición física de la energía cinética se refiere al trabajo que ha sido necesario desarrollar para que el cuerpo alcance una velocidad determinada; en el caso del viento, este trabajo ya hemos visto que lo aporta la energía de la radiación solar. La expresión general de la energía cinética E_c , de un cuerpo es:

$$E_c = \frac{1}{2} m V^2 \quad (9)$$

Donde m es la masa del cuerpo y v , la velocidad del cuerpo que se mueve. En energía eólica, existe un índice que proporciona la cantidad de energía que se puede extraer de una turbina eólica y se conoce como límite de Betz.

Este límite ha sido cuestionado debido a la simplicidad del modelo habiéndose propuesto otros modelos. La realidad ha demostrado que aun con otros diseños no se ha logrado superar el 48% en la C_p , y cuando con razones de fabricación se debe modificar levemente la configuración óptima este valor desciende al 42%.

El límite de Betz representa el coeficiente de potencia máximo y proporciona el límite superior de las posibilidades de un aerogenerador ideal que nunca puede superar el 59.26% de la potencia del viento incidente.

Esta expresión es denominada coeficiente de potencia, define el límite de Betz (1927), y expresa lo siguiente:

$$\frac{P_{\max}}{P_0} = \frac{\left(\frac{8}{27} \rho S V_1^3\right)}{\left(\frac{1}{2} \rho S V_1^3\right)} = \frac{16}{27} \quad (10)$$

Figura 9. Parque eólico marino.



Fuente: JUTGLAR, Lluís. Energía eólica. Barcelona: ed Ceac, 2004. p.32.

2.8.2 Tipos de maquinas eólicas. Desde los comienzos de la utilización de la energía eólica se han desarrollado una gran cantidad de maquinas de los tipos más variados. Se dice que los pedidos de patentes superan a las de cualquier otro

dispositivo que se haya ideado. De todos ellos son pocos los que se generalizaron y alcanzaron etapa de producción comercial.

Las maquinas eólicas se clasifican según la posición de su eje de giro en eólicas de eje horizontal y eólicas de eje vertical. Según la velocidad de giro del rotor se dividen en eólicas lentas y eólicas rápidas.

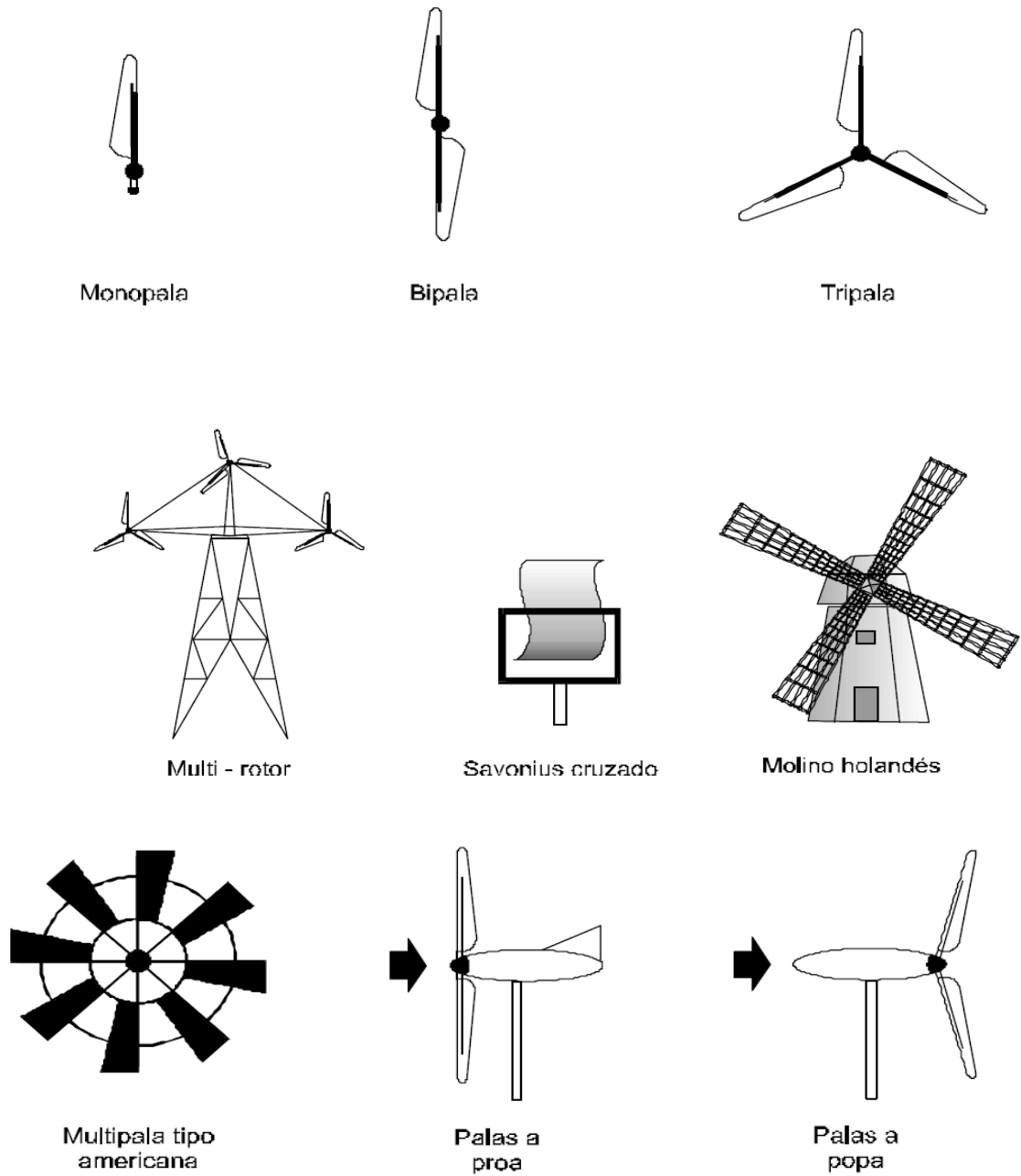
Las maquinas eólicas de eje horizontal son aquellas en las cuales se encuentra el eje de rotación paralelo a la dirección del viento, mientras que las eólicas de eje vertical son las que tienen el eje de rotación perpendicular a la superficie terrestre y a la dirección del viento.

2.8.2.1 Maquinas eólicas de eje horizontal. HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine). Las maquinas de ejes horizontal son las más difundidas y las que han permitido obtener la mayor eficiencia de conversión; los diseños más utilizados están representados en la figura 2. En su gran mayoría, la conversión de energía, se realiza mediante dispositivos ubicados sobre la torre. Tal es el caso de la turbina eólica con la que cuenta la UAO para la producción de electricidad donde el generador eléctrico, acoplado al eje del rotor a través de un multiplicador, está localizado en la navecilla.

Las denominadas maquinas rápidas, con palas de perfil aerodinámico y casi exclusivamente para la generación de electricidad, tienen rotores de 1 a 3 palas que, según los diseños, están ubicados a popa (sotavento) o a proa (barlovento) de la navecilla. Los rotores con palas a popa en principio no requiere de sistemas de orientación pues las fuerzas en juego tienden a orientarlo naturalmente, aunque en maquinas de gran tamaño se prefiere utilizarlos para evitar los “cabeceos” que someterían las palas a vibraciones perjudiciales. En el caso de palas a proa los sistemas de orientación son imprescindibles; en maquinas pequeñas se emplean las clásicas colas de orientación pero en las grandes se prefieren los servomecanismos.

Existen modos de prevenir aumentos descontrolados de velocidad de rotación del rotor en presencia de vientos fuertes, o regularla ante condiciones variables de la carga. Ellos van desde el cambio de paso, o “calaje” de las palas, a la utilización de “flaps” que se abren y aumentan la resistencia del viento, hasta dispositivos que desplazan el rotor de su orientación ideal logrando que aumenten las perdidas aerodinámicas. Prácticamente todas las maquinas cuentan con sistemas de frenado para poder detenerlas bajo condiciones extremas de viento.

Figura 10. Maquinas de eje horizontal.



Fuente: JUTGLAR, Lluís. Energía eólica. Barcelona: ed Ceac, 2004. p. 33.

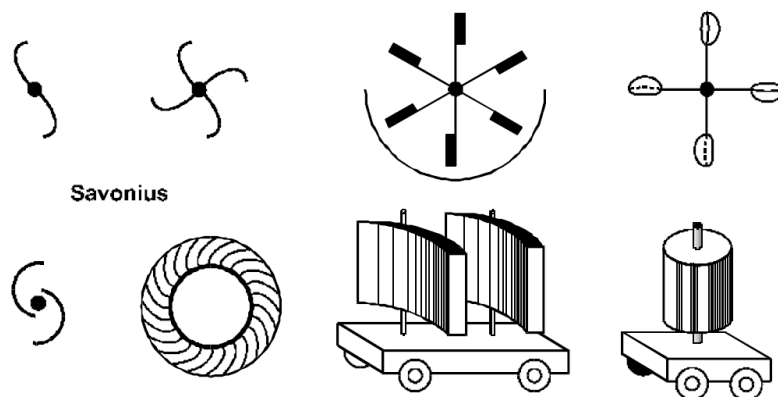
2.8.2.2 Maquinas eólicas de eje vertical. VAWT (Vertical Axis Wind Turbine). Las característica principal de las maquinas eólicas de eje vertical es que no requieren de sistemas de orientación. Ventaja nada despreciable pues evita complejos de direccionamiento y elimina los esfuerzos a que se ven sometidas las palas ante los cambios de orientación del rotor. Por su disposición permite colocar los sistemas de conversión prácticamente a nivel del suelo, evitando pesadas cargas en las torres, como ocurren en las de eje horizontal.

Existen dos diseños básicos de rotores de eje vertical: Savonius y Darrieus (ver figura 11). El rotor Savonius trabaja esencialmente por arrastre, tiene un alto par de arranque pero su eficiencia es pobre. Por su sencillez y bajo costo es fácil de construir con técnicas artesanales. Se los emplea en aplicaciones que requieren potencias pequeñas como es el caso de extractores de aire en locales o depósitos y en bombeo de agua.

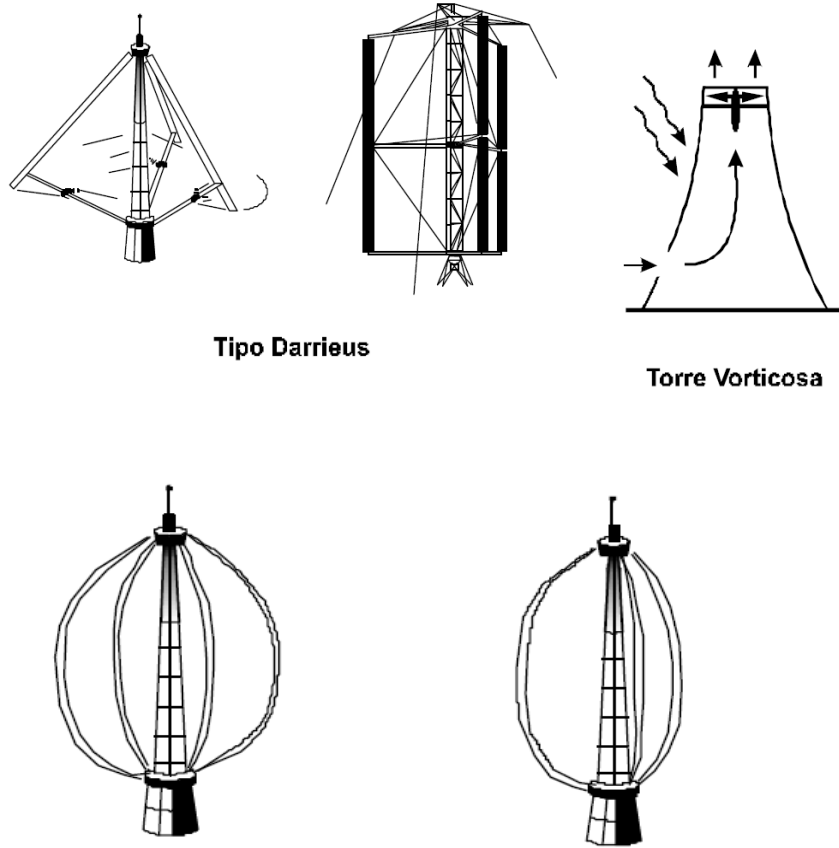
Los rotores Darrieus, inventados por G.J.M.Darrieus en Francia en la década del 20, son actualmente los principales competidores de las de eje horizontal de palas aerodinámicas para la generación de electricidad. Las fuerzas dominantes son las de sustentación, tiene un par de arranque prácticamente nulo, pero entregan potencias altas por unidad de peso del rotor y por unidad de costo. El diseño original de palas curvadas han dado origen a otras configuraciones, tratando de mejorar algunas características constructivas u operacionales. Tal es el caso de la combinación de rotores Savonius para aumentar el par de arranque.

Se han diseñado otros tipos de maquinas eólicas de eje vertical. Tal es el caso de las torres Vorticosas en las que se inducen una circulación de aire, por el interior de una torre hueca, que succiona aire exterior haciéndolo pasar a través de una turbina ubicada en la base.

Figura 11. Maquinas de eje vertical.



Continuación figura 11.



Fuente: JUTGLAR, Lluís. Energía eólica. Barcelona: Ed Ceac, 2004. p. 33

2.9 ENERGIA HIDRAULICA.

2.9.1 Antecedentes. Se denomina energía hidráulica o energía hídrica a aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinéticas y potencial de la corriente de ríos, saltos de agua o mareas. Es un tipo de energía verde cuando su impacto ambiental es mínimo y usa la fuerza hídrica sin represarla, en caso contrario es considerada sólo una forma de energía renovable.

Se puede transformar a muy diferentes escalas, existiendo desde hace siglos pequeñas explotaciones en las que la corriente de un río mueve un rotor de palas y genera un movimiento aplicado, por ejemplo, en molinos rurales. Sin embargo, la utilización más significativa la constituyen las centrales hidroeléctricas de

represas, aunque estas últimas no son consideradas formas de energía verde por el alto impacto ambiental que producen.

Cuando el Sol calienta la Tierra, además de generar corrientes de aire, hace que el agua de los mares, principalmente, se evapore y ascienda por el aire y se mueva hacia las regiones montañosas, para luego caer en forma de lluvia. Esta agua se puede coleccionar y retener mediante presas. Parte del agua almacenada se deja salir para que se mueva los álabes de una turbina engranada con un generador de energía eléctrica.

El origen de la energía hidráulica está en el ciclo hidrológico de las lluvias y por tanto, en la evaporación solar y la climatología que remontan grandes cantidades de agua a zonas elevadas de los continentes alimentando los ríos. Este proceso tiene su origen en la radiación solar que recibe la Tierra.

Esta energía es la de mayor uso en Colombia por las características de sus regiones, donde existe una combinación adecuada de lluvias, desniveles geológicos y orografía favorable para la construcción de represas y por ello algunas personas no la consideran una energía alternativa.

La hidroelectricidad es un recurso energético limpio y renovable, cuyo adecuado aprovechamiento no produce trastornos ecológicos en el proceso de generación de energía y se utiliza como un importante recurso energético en Colombia que no produce emisiones de CO₂ al ambiente.

2.9.2 Ubicación de centrales hidroeléctricas. Las centrales hidroeléctricas son construidas en ríos caudalosos para que garantice la cantidad necesaria de agua para su perfecto funcionamiento, la mayor parte del año. Las dos características principales de una central hidroeléctrica, desde el punto de vista de su capacidad de generación de electricidad son:

- La potencia, que es función del desnivel existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio de las aguas debajo de la central, y del caudal máximo turbinable, además de las características de la turbina y del generador.
- La energía garantizada, en un lapso de tiempo determinado, generalmente un año, que está en función del volumen útil del embalse, y de la potencia instalada.

La potencia de una central puede variar desde unos pocos MW (megavatios), como en el caso de las minicentrales hidroeléctricas, hasta 14.000 MW como en Paraguay y Brasil donde se encuentra la segunda mayor central hidroeléctrica del mundo (la mayor es la Presa de las Tres Gargantas, en China, con una potencia

de 22.500 MW Fig. 12.), la Itaipú que tiene 20 turbinas de 700 MW cada una. Cada turbina suele tener unas 20 pulgadas de longitud con un perímetro de 40 cm.

Figura 12. Presa de las tres gargantas.



Fuente: JUTGLAR, Lluís. Energía hidráulica. Barcelona: ed Ceac, 2004. p. 34.

Colombia por ser potencia en recurso hídricos, tiene gran cantidad de hidroeléctricas, las cuales generan el 81.8% de la energía total, y por si esta no fuera una cifra significativa, en el país existen 24 proyectos de hidroeléctricas, que generarán aproximadamente 10369MW (véase tabla 1).

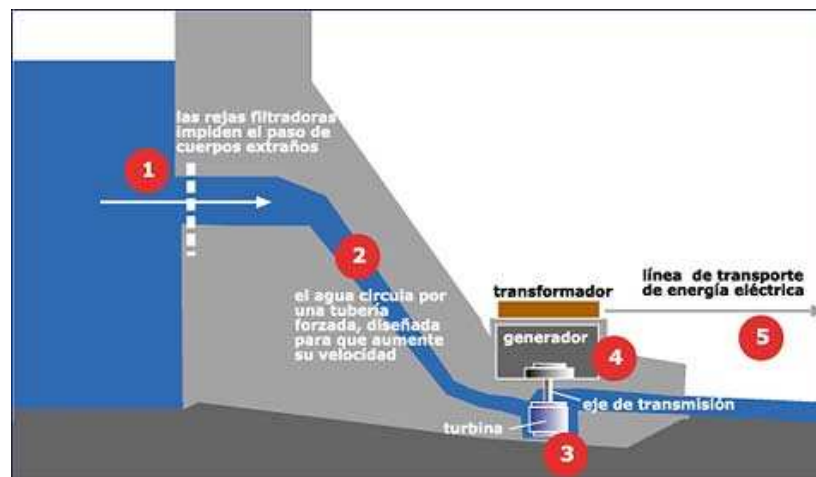
Tabla1. Nuevos proyectos de hidroeléctricas en Colombia

Proyecto	Cap (MW)	Tecnología	Localización (municipio y departamento)		Posible fecha de entrega	Promotor
Hidroeléctrica (Embalse) Capacidad registrada: 9930 MW						
Porce III	660	Turbina Francis	Anorí - Amalfi	Antioquia	Sep-10	EEPPM
Porce IV	400	Turbina Francis	Anorí - Amalfi	Antioquia	Jun-15	EEPPM
Pescadero-Ituango	2400	Turbina Francis	Ituango	Antioquia	2017	HIDROELÉCTRICA PESCADERO – ITUANGO S.A.
Quimbo	400	Turbina Francis	Gigante, Garzón	Huila	2015	EMGESA S.A. E.S.P.
Chapasía	800	Turbina Pelton	Miraflores, Páez	Boyacá	2015	EMGESA S.A. E.S.P.
Sogamoso	840	Turbina Francis	Río Sogamoso	Santander	Sin confirmar	HIDROSOGAMOSO S.A.
Cabrera	600	Turbina Francis	Río Suárez	Santander	Sin confirmar	ISAGEN S.A. E.S.P.
Fonce	520	Turbina Pelton	San Gil	Santander	Sin confirmar	ISAGEN S.A. E.S.P.
Andaquí	705	Turbina Francis	-----	Cauca y Putumayo	Sin confirmar	ISAGEN S.A. E.S.P.
Hidroeléctrica (Mediana y Pequeña Central) Capacidad registrada: 438,96 MW						
Bugalagrande	40.5	Turbina Peltón	Tulúa	Valle	Dic-09	EPSA E.S.P.
Amaime	18.6	Turbina Francis	Palmira - Cerrito	Valle	Dic-09	EPSA E.S.P.
Amoyá	78	Turbina Peltón	Chaparral	Tolima	II – Sem - 10	ISAGEN S.A. E.S.P.
Trasvase Guarínó	--	--	Victoria	Caldas	Jun-10	ISAGEN S.A. E.S.P.
Trasvase Manso	--	--	Samaná y Norcasia	Caldas	Ene-11	ISAGEN S.A. E.S.P.
Guanaquitas	9.5	Turbina Francis	Santa Rosa de Osos y Gómez Plata	Antioquia	Jun-10	HMV INGENIEROS LTDA
Caruquia	9.5	Turbina Francis	Santa Rosa de Osos	Antioquia	Dic-09	HMV INGENIEROS LTDA
Barroso	19.9	Turbina Pelton	Salgar	Antioquia	Dic-10	HMV INGENIEROS LTDA
Cañaveral	68	Turbina Pelton	Caldas	Antioquia	Sin confirmar	ISAGEN S.A. E.S.P.
Encimadas	94	Turbina Pelton	Caldas	Antioquia	Sin confirmar	ISAGEN S.A. E.S.P.
La Cascada	2.3	---	San Roque	Antioquia	Sin confirmar	PSP LA CASCADA S.A. E.S.P
PCH de Neusa	2.91	---	Cogua – Tausa	C/marca	Sin confirmar	INGAMEG
Agua Fresca	4	Turbina Pelton	Jericó	Antioquia	Sin confirmar	GENERADORA UNIÓN S.A.
Cucuana	88	Turbina Francis	Roncesvalles	Tolima	Sin confirmar	ELECTRIF. DEL TOLIMA
Coello 1, 2, 3	3.75	Turbina Kaplan	Chicoral	Tolima	Sin confirmar	HIDROESTUDIOS

Fuente: Unidad estratégica de negocios de energía: Dirección distribución. Santiago de Cali: EPSA E.S.P, 2008. p. 32.

2.9.3 Tipos de centrales hidroeléctricas. De gran caudal de agua y un desnivel casi insignificante: Estas centrales utilizan un tipo de turbina denominado "kaplan". Se instalan en ríos con gran caudal, sin necesidad de hacer una presa importante.

Figura 13. Presa hidroeléctrica.



Fuente: ORTEGA RODRIGUEZ, Mario. Energías renovables. 3 ed. Madrid: Latinoamericana, 2002. p.187

De mediano caudal y una altura relativamente significativa: Estas centrales se le llaman de derivación y utilizan una turbina de mediano tamaño para generar electricidad. Se les llama de derivación porque el agua del río se canaliza hasta un depósito, el cual servirá para mandar el agua hacia la turbina.

De poco caudal y un gran desnivel: Estas centrales utilizan un tipo de turbina denominada. Se hacen en arroyos de montaña que en su recorrido tienen un gran desnivel.

2.10 ENERGIA GEOTERMICA.

2.10.1 Antecedentes. La energía geotérmica es aquella energía que puede ser obtenida por el hombre mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra. El calor del interior de la Tierra se debe a varios factores, entre los que cabe destacar el gradiente geotérmico, el calor radiogénico, etc. Geotérmico viene del Griego *geo*, "Tierra", y *thermos*, "calor"; literalmente "calor de la Tierra".

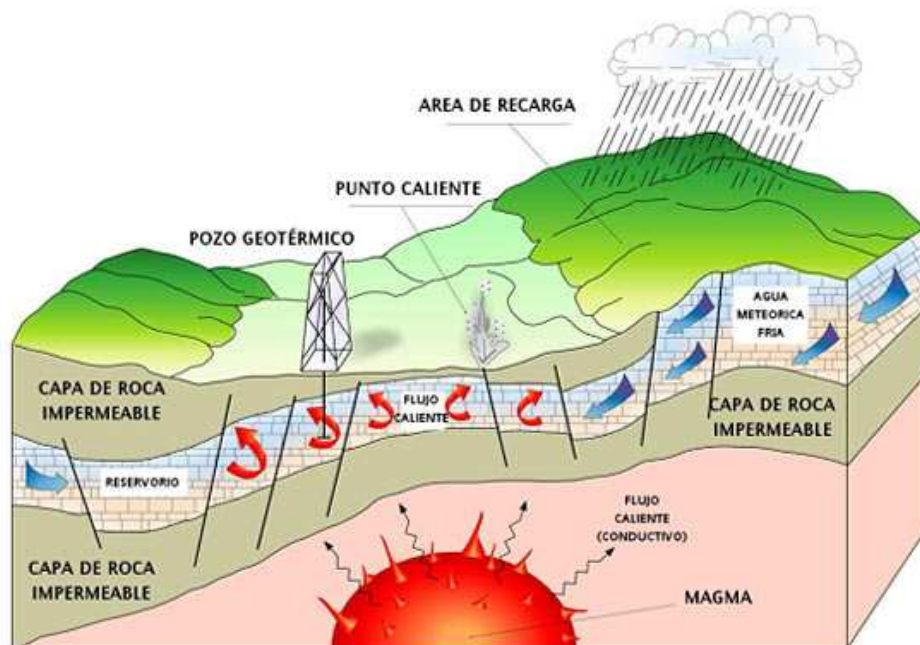
Se obtiene energía geotérmica por extracción del calor interno de la Tierra. En áreas de aguas termales muy calientes a poca profundidad, se perfora por fracturas naturales de las rocas basales o dentro de rocas sedimentarios. El agua

caliente o el vapor pueden fluir naturalmente, por bombeo o por impulsos de flujos de agua y de vapor (flashing).

En la mayoría de los casos la explotación debe hacerse con dos pozos (o un número par de pozos), de modo que por uno se obtiene el agua caliente y por otro se vuelve a reinyectar en el acuífero, tras haber enfriado el caudal obtenido. Las ventajas de este sistema son múltiples:

- Hay menos probabilidades de agotar el yacimiento térmico, puesto que el agua reinyectada contiene todavía una importante cantidad de energía térmica.
- Tampoco se agota el agua del yacimiento, puesto que la cantidad total se mantiene.
- Las posibles sales o emisiones de gases disueltos en el agua no se manifiestan al circular en circuito cerrado por las conducciones, lo que evita contaminaciones.

Figura 14. Energía geotérmica



Fuente: ORTEGA RODRIGUEZ, Mario. Energías renovables.3 ed. Madrid: Latinoamericana, 2002. p.188

2.10.2 Ubicación de fuentes geotérmicas en Colombia. Colombia un país con una gran variedad de fuentes de energía y que no ha explotado de una manera sistemática la geotermia, sin embargo se han hecho algunos esfuerzos por desarrollarla desde hace aproximadamente 30 años. No fue sino hasta la crisis energética de la década de los 90's, cuando se vio la necesidad de explorar fuentes de energía alternativas.

En 1997 fue perforado el primer pozo geotérmico en las Nereidas; en ese mismo año, Ingeominas, (Instituto de Investigación e Información Geocientífica) emprendió una exploración geotérmica del volcán, comenzando con geología, vulcanología y geoquímica.

Por ahora se le han dado usos directos a los recursos geotérmicos (principalmente para actividades como cocinar, nadar o bañarse), vale la pena mencionar que en Villamaría, una población cerca del Nevado del Ruiz, los campesinos cocinan utilizando la energía geotérmica. Solo a 15 centímetros de profundidad sube la temperatura de manera considerable. Pescadores, principalmente, los utilizan para preparar huevos y papas mientras regresan de pescar truchas.

Figura. 15: Preparación de alimentos utilizando energía geotérmica



Fuente: ORTEGA RODRIGUEZ, Mario. Energías renovables.3 ed. Madrid: Latinoamericana, 2002. p.189

Es como si fuera un lugar imaginario. Reynaldo comienza a cavar con su pala. Cuando apenas va en unos 15 centímetros mete la mano en el hueco. De inmediato la retira, su piel no soporta el calor. Cinco minutos después pone una olla con agua y siete papas en el orificio, que ya va por los 40 centímetros. A los 10 minutos la base de aluminio está tibia y a la media hora está caliente. Luego de cerca de dos horas las papas están listas. Se comprueba que el sitio no es fantasía, se trata de un fogón natural a cielo abierto.

Esta curiosa maravilla de la naturaleza se encuentra en Villamaría, en la zona amortiguadora del Parque Natural Nacional de los Nevados, donde el fenómeno ocurre por estar en una zona volcánica. A su alrededor está un paraíso de cascadas, verdes, aguas termales, ganado lechero, campesinos, viejos caminos, bosques de niebla...

En una chocolatera, también enterrada (ver fig. 16), Reynaldo y su esposa, Cristina, cocinan cuatro huevos. Ellos viven hace ocho meses en la zona como agregados de una finca. Saben que son los pescadores, principalmente, quienes utilizan la tierra para cocinar y calentar fiambres. "Ellos se van a pescar truchas en las quebradas y cuando regresan ya está lista la comida".

Reynaldo tapa los bordes de las ollas con tierra tibia. El olor a azufre se mezcla con el de las hojas de poleo, mientras el viento helado pasea el aroma por árboles, montañas, riscos e increíbles mesetas. Él califica el fenómeno: "la naturaleza es sabia y hermosa, pues a 20 centímetros de la tierra se puede cocinar al vapor cualquier alimento".

Figura. 16. Aprovechamiento de las cálidas aguas de la montaña para cocinar



Fuente: ORTEGA RODRIGUEZ, Mario. Energías renovables.3 ed. Madrid: Latinoamericana, 2002. p.189

Se ha hecho una estimación de la capacidad de la energía usada la cual se presenta en la Tabla 2.

2.10.3 Clasificación de recursos geotérmicos. Un campo geotérmico, y más ampliamente un recurso geotérmico está situado en un lugar con unas características tectónicas especiales, en el cual ciertas condiciones típicas geológicas, hidrológicas, estructurales y físicas, coexisten.

- **Fuente de calor:** Usualmente un yacimiento poco profundo que genera una anomalía térmica, donde el gradiente térmico normal alrededor del yacimiento es superior que $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.
- **Reservorio:** Una roca almacenadora con baja permeabilidad y una gran porosidad que puede ser primaria o secundaria, lo cual permite la circulación de fluidos geotérmicos; además tiene ciertas propiedades de retención que permiten al fluido calentarse en el reservorio. Cuando la convección ocurre, los coeficientes de viscosidad y dilatación del fluido, también se afectan y se tiene la máxima eficiencia en el sistema.
- **Sello:** Roca sello de la formación, sobre el reservorio que tiene baja permeabilidad, primaria o secundaria que aísla el sistema geotérmico de aguas que poseen baja temperatura.
- **Reinyección:** Para la restauración del reservorio cuando la extracción esta en progreso.

Cuando se tienen las condiciones anteriores, el agua de la recarga fluye en el depósito y alcanza equilibrio térmico con la roca expuesta a la fuente de calor.

Un parámetro común para clasificar los recursos geotérmicos es la entalpía de los mismos; esta es usada para medir el estado de calor contenido por el fluido (energía térmica).

Los recursos geotérmicos se pueden dividir en:

- Recursos con baja entalpía
- Recursos con mediana entalpía
- Recursos con alta entalpía

Tabla 2. Utilización de energía geotérmica para calentamiento directo en Colombia.

Localidad	Utilización Máxima				capacidad	Utilización anual		
	tipo	Caudal	Temperatura °C			Flujo promedio	energía	Capacidad
			Entrada	Salida	MWt	Kg/s	TJ/año	Factor
Agua de Dios	B	5.23	36.0	20.0	0.35	3.32	7.00	0.63
Anapolma	B	10.5	28.0	20.0	0.35	6.63	7.00	0.63
Bochalema	B	3.8	57.0	35.0	0.35	2.41	7.00	0.63
Chinacota	B	7.60	46.0	35.0	0.35	4.82	7.00	0.63
Choachi	B	4.92	52.0	35.0	0.35	3.12	7.00	0.63
Coconuco	B	3.64	58.0	35.0	0.35	2.31	7.00	0.63
Coconuco	B	2.32	71.0	35.0	0.35	1.47	7.00	0.63
Colón	B	6.97	47.0	35.0	0.35	4.42	7.00	0.63
Cumbal	B	6.97	32.0	20.0	0.35	4.42	7.00	0.63
Cumbal	B	6.97	32.0	20.0	0.35	4.42	7.00	0.63
Cumbal	B	6.97	32.0	20.0	0.35	4.42	7.00	0.63
Gacheta	B	5.98	49.0	35.0	0.35	3.79	7.00	0.63
Gacheta	B	8.37	45.0	35.0	0.35	5.31	7.00	0.63
Girardot	B	6.43	33.0	20.0	0.35	4.08	7.00	0.63
Guicán	B	8.37	38.0	28.0	0.35	5.31	7.00	0.63
Ibagué	B	6.43	48.0	35.0	0.35	4.08	7.00	0.63
Iza	B	6.97	47.0	35.0	0.35	4.42	7.00	0.63
Iza	B	4.18	55.0	35.0	0.35	2.65	7.00	0.63
Macheta	B	3.22	61.0	35.0	0.35	2.04	7.00	0.63
Macheta	B	11.95	42.0	35.0	0.35	7.58	7.00	0.63
Macheta	B	5.58	50.0	35.0	0.35	3.54	7.00	0.63
Manizales	B	5.58	50.0	35.0	0.35	3.54	7.00	0.63
Nemocón	B	5.98	34.0	20.0	0.35	3.79	7.00	0.63
Paipa	B	4.92	52.0	35.0	0.35	3.12	7.00	0.63

Fuente: Unidad estratégica de negocios de energía: Dirección distribución. Santiago de Cali: EPSA E.S.P, 2008. p. 33.

2.10.4 Tipos de yacimientos geotérmicos según la temperatura del agua.

Energía geotérmica de alta temperatura. La energía geotérmica de alta temperatura existe en las zonas activas de la corteza. Esta temperatura está comprendida entre 150 y 400 °C, se produce vapor en la superficie y mediante una turbina, genera electricidad. Se requieren varias condiciones para que se dé la posibilidad de existencia de un campo geotérmico: una capa superior compuesta por una cobertura de rocas impermeables; un acuífero, o depósito, de permeabilidad elevada, entre 0,3 y 2 km de profundidad; suelo fracturado que permite una circulación de fluidos por convección, y por lo tanto la transferencia de calor de la fuente a la superficie, y una fuente de calor magmático, entre 3 y 15 km de profundidad, a 500-600 °C. La explotación de un campo de estas características se hace por medio de perforaciones según técnicas casi idénticas a las de la extracción del petróleo.

- Energía geotérmica de temperaturas medias. La energía geotérmica de temperaturas medias es aquella en que los fluidos de los acuíferos están a temperaturas menos elevadas, normalmente entre 70 y 150 °C. Por consiguiente, la conversión vapor-electricidad se realiza con un rendimiento menor, y debe explotarse por medio de un fluido volátil. Estas fuentes permiten explotar pequeñas centrales eléctricas, pero el mejor aprovechamiento puede hacerse mediante sistemas urbanos reparto de calor para su uso en calefacción y en refrigeración (mediante máquinas de absorción).
- Energía geotérmica de baja temperatura. La energía geotérmica de temperaturas bajas es aprovechable en zonas más amplias que las anteriores; por ejemplo, en todas las cuencas sedimentarias. Es debida al gradiente geotérmico. Los fluidos están a temperaturas de 50 a 70 °C.
- Energía geotérmica de muy baja temperatura. La energía geotérmica de muy baja temperatura se considera cuando los fluidos se calientan a temperaturas comprendidas entre 20 y 50 °C. Esta energía se utiliza para necesidades domésticas, urbanas o agrícolas.

Las fronteras entre los diferentes tipos de energías geotérmicas son arbitrarias; si se trata de producir electricidad con un rendimiento aceptable la temperatura mínima está entre 120 y 180 °C.

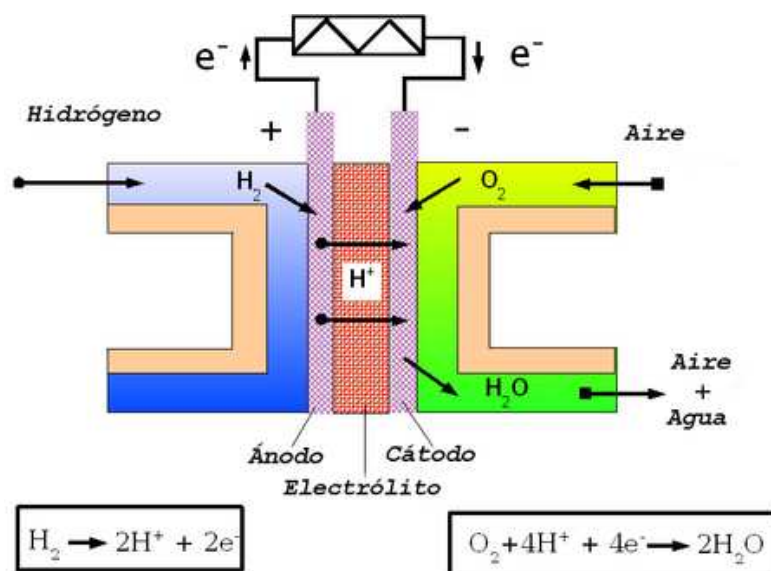
2.11 PILAS DE COMBUSTIBLE.

Una **pila de combustible**, también llamada **célula o celda de combustible** es un dispositivo electroquímico de conversión de energía similar a una batería, pero se diferencia de esta última en que está diseñada para permitir el reabastecimiento continuo de los reactivos consumidos; es decir, produce electricidad de una fuente

externa de combustible y de oxígeno en contraposición a la capacidad limitada de almacenamiento de energía que posee una batería. Además, los electrodos en una batería reaccionan y cambian según como esté de cargada o descargada; en cambio, en una celda de combustible los electrodos son catalíticos y relativamente estables.

Los reactantes típicos utilizados en una celda de combustible son hidrógeno en el lado del ánodo y oxígeno en el lado del cátodo (si se trata de una celda de hidrógeno). Por otra parte las baterías convencionales consumen reactivos sólidos y, una vez que se han agotado, deben ser eliminadas o recargadas con electricidad. Generalmente, los reactivos "*fluyen hacia dentro*" y los productos de la reacción "*fluyen hacia fuera*". La operación a largo plazo virtualmente continua es factible mientras se mantengan estos flujos.

Figura 17. Esquema de funcionamiento de una pila de combustible.



Fuente: ORTEGA RODRIGUEZ, Mario. Energías renovables.3 ed. Madrid: Latinoamericana, 2002. p.190

En el ejemplo típico de una célula de membrana intercambiadora de protones (o electrolito polimérico) hidrógeno/oxígeno de una celda de combustible (PEMFC, en inglés: *proton exchange membrane fuel cell*), una membrana polimérica conductora de protones (el electrolito), separa el lado del ánodo del lado del cátodo.

En el lado del ánodo, el hidrógeno que llega al ánodo catalizador se disocia en protones y electrones. Los protones son conducidos a través de la membrana al cátodo, pero los electrones están forzados a viajar por un circuito externo

(produciendo energía) ya que la membrana está aislada eléctricamente. En el catalizador del cátodo, las moléculas del oxígeno reaccionan con los electrones (conducidos a través del circuito externo) y protones para formar el agua. En este ejemplo, el único residuo es vapor de agua o agua líquida. Es importante mencionar que para que los protones puedan atravesar la membrana, esta debe estar convenientemente humidificada dado que la conductividad protónica de las membranas poliméricas utilizadas en este tipo de pilas depende de la humedad de la membrana. Por lo tanto, es habitual humidificar los gases previamente al ingreso a la pila.

Además de hidrógeno puro, también se tiene el hidrógeno contenido en otras moléculas de combustibles incluyendo el diesel, metanol y los hidruros químicos, el residuo producido por este tipo de combustibles además de agua es dióxido de carbono, entre otros.

3. MONTAJE DE LABORATORIO.

3.1. DESCRIPCION.

En la segunda fase de la construcción del laboratorio de Energías Renovables se instalaron seis paneles fotovoltaicos Kyocera de 85w, un aerogenerador Airx400, un vehículo Hyrunner GT E Pack alimentado con pila de combustible y un equipo inversor tipo sunny boy de 700 w son los últimos elementos que el departamento de energética y mecánica de la Facultad de Ingeniería eléctrica adquirió para completar el equipamiento del laboratorio de Energías Renovables.

Desde el jueves 16 y viernes 17 de octubre el docente Yuri López del Departamento de Energética y Mecánica de la Facultad de Ingeniería eléctrica, el ingeniero Carlos Borrero de Mantenimiento, el auxiliar Germán Trujillo del laboratorio de Ciencias Térmicas y la empresa Aprotéc se encargaron de llevar a cabo la segunda fase del laboratorio. La configuración del Sunny Boy 700 que fue una actividad que se realizó simultáneamente al montaje, estuvo a cargo de la empresa Aprotéc y el soporte del estudiante de ingeniería eléctrica de la Héctor Favio Sánchez García.

Estos equipos se ubican en las instalaciones del laboratorio de vapor, para proveer de energía eléctrica en un 12% tal y como se calcula en el anexo 4, esto sumando los 400w que entrega el aerogenerador.

Con la finalización de la segunda fase del laboratorio los estudiantes de la UAO podrán tener un acercamiento real al Uso de Energías Renovables. Además, esto servirá como recurso experimental a los cursos de posgrado, extensión y a los grupos de investigación.

El montaje de laboratorio se contó con la ayuda de la empresa Aprotéc, esta empresa comercializa e instala equipos para generación de energía por medio de fuente energéticas limpias. Aprotéc ofreció garantía en el montaje y además se encarga de los trabajos de altura, trabajos en los cuales no se contaba con la experiencia necesaria para finalizar con éxito esta fase de la pasantía.

El montaje tuvo una duración de dos días. En el primer día se trasladaron los equipos al laboratorio de vapor y se armaron las bases de los paneles y el aerogenerador, además se hincó y se montó el aerogenerador al poste.

En el segundo día se realizaron las conexiones del Sunny Boy, la batería, el aerogenerador y los paneles solares. En este montaje participaron 5 personas y se contó con los equipos necesarios para culminar el trabajo en el tiempo requerido y

de la mejor forma, materiales como: escaleras, taladro, soldador, estaño, soplete, etc.

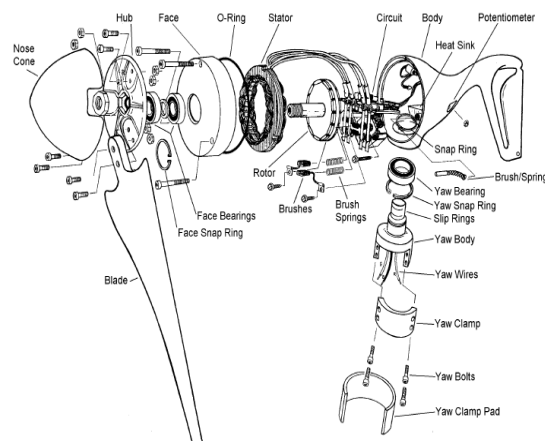
Figura 18. Despiece del aerogenerador utilizado en la UAO.



Fuente: LOPEZ, Yuri. Energías renovables y eficiencia energética. Cali: Universidad autónoma de occidente, 2008. 50p.

Además de contar con todas estas herramientas, se siguió al pie de la letra el procedimiento recomendado por el fabricante.

Figura 19. Partes del aerogenerador que utilizamos en el montaje del laboratorio de energías renovables.



Fuente: ORTEGA RODRIGUEZ, Mario. Energías renovables.3 ed. Madrid: Latinoamericana, 2002. p.191

En forma simultánea se instala el inversor Sunny Boy 700, al tablero de conexiones y de ahí a la red.

El Sunny Boy 700 es un inversor que se basa en la unidad de energía que opera a muy alta eficiencia y optima fiabilidad. El puente MOSFET convierte la tensión continua (DC) procedente de los módulos fotovoltaicos de alta frecuencia a un circuito secundario de corriente alterna (AC), a una frecuencia de 16 kHz que luego va a un filtro y finalmente por electrónica de potencia convierte a 60Hz.

El voltaje es alimentado a la red después de haber sido procesado por un transformador de corriente de núcleo toroidal con bajas pérdidas.

El rango de voltaje de entrada del Sunny Boy 700 está diseñado para un máximo de 10 módulos fotovoltaicos estándar, se puede configurar con tres diferentes niveles de voltaje de 75- 150 VDC, 100 a 200 VDC y 125 a 250 VDC; de modo que incluso los pequeños paneles fotovoltaicos puedan ser utilizados de forma optima.

La sincronización a la red esta perfectamente formada de senos y tiene una muy baja distorsión armónica debido al sistema de control secuencial.

Figura 20. Mini thermo - Anemómetro



Fuente: ORTEGA RODRIGUEZ, Mario. Energías renovables.3 ed. Madrid: Latinoamericana, 2002. p.192

Este es el anemómetro con el que cuenta la UAO para poder obtener mediciones de velocidad del viento y temperatura en diferentes partes del campus universitario.

3.2. MONTAJE DEL AEROGENERADOR

El aerogenerador fue adquirido por la universidad en octubre de 2007 y almacenado en el laboratorio de Sistemas Dinámicos.

Después de desempacar el aerogenerador se armaron las aspas, como se aprecia en la figura 21 y se preparó el tubo galvanizado que la daría 3 metros más de altura a los 9 metros del poste designado para colocar la turbina eólica (ver figura 23).

Figura 21. Instalación de las aspas del aerogenerador.



Fuente: LOPEZ, Yuri. Energías renovables y eficiencia energética. Cali: Universidad autónoma de occidente, 2008. 50p.

En la preparación del poste y la instalación de todo el conjunto eólico (aerogenerador y tubo galvanizado), se noto la experiencia de la firma Aprotec en

este tipos de instalaciones, ya que armados con una soga el liniero sube los diferentes elementos con ayuda de poleas. Este conjunto esta instalado al lado del laboratorio de vapor.

Figura 22. Preparaciones del conjunto eólico.



Fuente: LOPEZ, Yuri. Energías renovables y eficiencia energética. Cali: Universidad autónoma de occidente, 2008. 50p.

Figura 23. Preparación del poste e instalación conjunto aerogenerador.



Fuente: LOPEZ, Yuri. Energías renovables y eficiencia energética. Cali: Universidad autónoma de occidente, 2008. 50p.

Luego del montaje, se procede a conectarlo al sistema de almacenamiento, a través de una caja galvanizada en la base del poste y luego con tubería PVC hasta tablero de conexiones.

3.3. MONTAJE DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Si intentamos aprovechar la energía solar, de la mejor forma posible, se debe conocer bien algunas de sus características más importantes, tales como: Horas del sol para una situación geográfica determinada, trayectoria aparente del sol respecto a un punto situado sobre la superficie de la tierra, cantidad de energía recibida por metro cuadrado y unidad de tiempo, energía recibida a lo largo de un día, mes o año.

En la primera etapa del proyecto se instalaron 3 paneles solares de 32W en el laboratorio de vapor y el cual proporciona la iluminación para este laboratorio, en la segunda etapa se instalo un aerogenerador de 400W, un nuevo sistema solar interconectado por medio del SUNNY BOY 700W. El laboratorio de energías renovables también cuenta con un medidor de velocidad del viento básico y manual, una estación medio ambiental y un vehículo de pila de hidrogeno.

Para la instalación de los paneles solares se tuvo en cuenta los grados de inclinación de ellos ya que esto permite un mayor aprovechamiento de la energía solar.

3.3.1. Ensamble estructura – Huerto Solar. Primero se instala los 6 paneles de 85W en la estructura se destapan las borneras y se realiza la conexión en serie entre ellos, y así el sistema ofrecería 510W, corriente a máxima potencia (I_{mpp}) 4.06 A y un voltaje de 15.3V.

Figura 24. Armado de los paneles.



Fuente: LOPEZ, Yuri. Energías renovables y eficiencia energética. Cali: Universidad autónoma de occidente, 2008. 50p.

Figura 25. Ubicación de los paneles solares.



Fuente: LOPEZ, Yuri. Energías renovables y eficiencia energética. Cali: Colombia. Universidad autónoma de occidente, 2008. 50p.

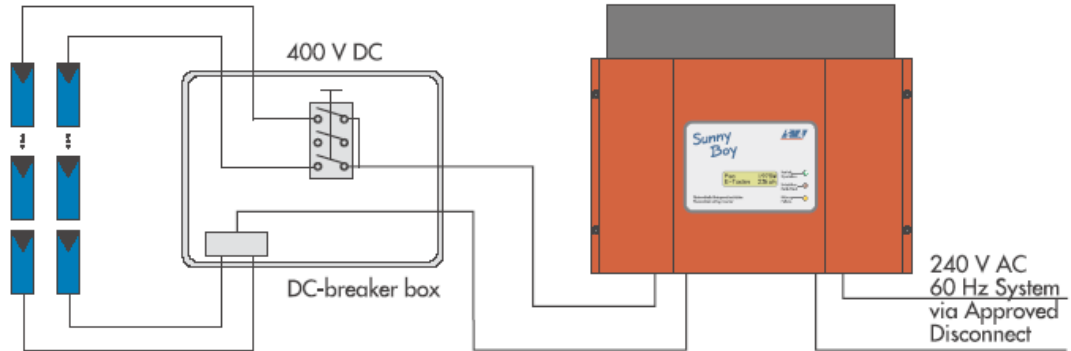
Finalmente se realiza la instalación del huerto solar en el techo del laboratorio de vapor y su conexión a red como se muestra en la figura 25. Este nuevo sistema solar estará acompañado por un dispositivo llamado SUNNY BOY 700W que permitirá conectarse a la red reduciendo el costo que por electricidad gasta la universidad Autónoma de Occidente.

Paralelo a ello se realiza el cableado e instalación del sistema Sunny Boy.

3.4 INSTALACION DEL INVERSOR PARA CONEXIÓN A RED SUNNY BOY.

La instalación del Sunny Boy es realmente sencilla, los seis paneles solares están conectados al Sunny Boy por medio de las protecciones correspondientes, este equipo es el encargado de transformar la señal continua de 12V a una señal seno de 120 ó 240V a una frecuencia de 60Hz, que es conectada a la red del comercializador de energía, y donde el Sunny Boy también se encarga de sincronizar las señales.

Figura 26. Conexión inversor SUNNY BOY 700.



Fuente: LOPEZ, Yuri. Energías renovables y eficiencia energética. Cali: Universidad autónoma de occidente, 2008. 50p.

Figura 27. Interior del Inversor



Fuente: LOPEZ, Yuri. Energías renovables y eficiencia energética. Cali: Universidad autónoma de occidente, 2008. 50p.

El Sunny Boy también tiene un puerto serial que permite conectarse con un computador y ver, almacenar y cambiar las configuraciones con que cuenta este equipo.

Fig.28. Instalación y configuración del SUNNY BOY 700.



Fuente: LOPEZ, Yuri. Energías renovables y eficiencia energética. Cali: Universidad autónoma de occidente, 2008. 50p.

Después de instalado los paneles solares y el aerogenerador, realice las guías para el laboratorio de energías renovables como se muestra en el anexo E.

4. CONCLUSIONES.

- Se cuenta con un sistema híbrido que reducirá gastos por consumos de energía.
- Con el montaje y desarrollo del laboratorio y los cursos en Energías Renovables usando la Guía aquí presentada, se posicionaría a la UAO como la institución educativa pionera y líder en el campo de energías renovables, además, si se logra fusionar los laboratorios de medidores (tesis de Carlos Zúñiga y Carlos Londoño) como parte de eficiencia energética y el laboratorio de energía renovables (tesis de Hedier Díaz Y Fabián Diez, Pasantía Investigativa de Héctor Sánchez) como parte de la generación de electricidad, lograría formar estudiantes con bases sólidas en el campo eléctrico forjando personas con un alto compromiso social.
- Con el uso de la normativa vigente, se pueden obtener incentivos y reconocimientos por parte del Gobierno Nacional para aquellos que desarrollen proyectos en energías renovables.
- Con los equipos instalados en esta segunda fase, la UAO podrá prestar servicios de capacitación a nivel nacional.
- El departamento de energética y mecánica junto con el grupo de investigación GIEN, puede desarrollar investigaciones en todo el área de EERR.
- Con el desarrollo de esta pasantía se ha profundizado en: Conocimiento en energías renovables y en el diseño de un sistema solar fotovoltaico a partir del cálculo de la demanda eléctrica de una instalación.

BIBLIOGRAFIA

BANILLAS, Oscar Andrés y PEREZ, Wilson Edgar. Estudio de las causas y los efectos de energía renovable. Santiago de Cali, 1996. 200 p. trabajo de grado (Ingeniero Electricista). Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de ingenierías

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002. 34 p. NTC. 1486.

Manual y procedimientos de un Sistema de Calidad (ISO 9001:2000) [en línea]. Asturias, España: Asociación – Centro para la Calidad en Asturias (CCA), 2007 [Consultado 18 de Febrero, 2008]. Disponible en Internet:
http://www.energiarenovable.es/servicios/informacion/Libros/Manual_PD_SGC.pdf

¿Qué es productividad, competitividad y gerencia? [en línea]. Buenos Aires: Monografías, 2006. [Consultado 21 de Febrero, 2008]. Disponible en Internet:
<http://www.energiasolar.com/recursos/experto/catsexp/pagans/eco/no4/prodcompyger.htm>

OSORIO, Héctor Fabio. Laboratorio de equipo eléctrico. Santiago de Cali: Universidad del valle, 1990. 204 p.

ORTEGA RODRIGUEZ, Mario. *Energías renovables* 3 ed. Madrid: Latinoamericana, 2002. p.192

STANLEY WOLF, Smith Richard. Guía para energía renovable y practicas de laboratorio. 2 ed. México: Pearson educación, 1992. 605 p.

Unidad estratégica de negocios de energía: Dirección distribución. Santiago de Cali: EPSA E.S.P, 2008. 204 p.

LOPEZ, Yuri. *Energías renovables y eficiencia energética*. Cali – Colombia. Universidad autónoma de occidente 2008 50p.

ANEXOS

Anexo A. Cotizacion equipo air x 400



APROTEC Tecnología Apropiada

Energía Solar Energía Eólica MicrohidroEnergía Biomasa

Call, Octubre 10 de 2007

Ingeniero
Juri Lopez
Ingeniería
Universidad Autónoma

Ref: Cotización Generador Eólico 400 W

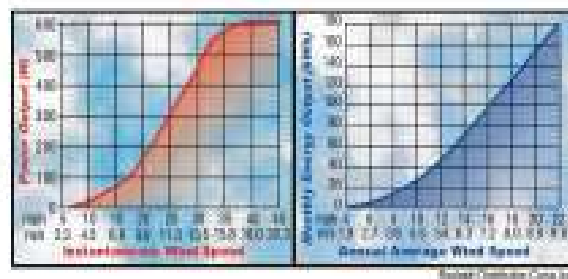
Remito nuestra propuesta para el suministro de un generador eólico de 400 vatios y sus componentes principales: generador, torre tensada abatible de 9 metros, banco de baterías y red eléctrica.

Presupuesto:

Descripción	Unidad	Cantidad	\$ Unitario	\$ Parcial
Equipo Básico				
Generador AIR X 400 W	UN	1	2,545,333	2,545,400
Torre tensada inclinable de 9 m	UN	1	900,000	900,000
Baterías 140 AH TROJAN SCS 225	UN	1	633,000	633,000
Accesorios de Red Eléctrica	Global	1	400,000	400,000
Subtotal				4,478,400
L.V.A.	16%			716,544
Total Presupuesto				5,194,944

Capacidad del sistema:

La cantidad de energía generada dependerá del recurso eólico disponible. Para condiciones de viento "moderadas" con velocidades promedio entre 10 y 12 MPH se puede estimar una producción mensual de 30 KWH, unos 1000 vatios hora por día.



Especificaciones Técnicas:

Generador Eólico:

AIR 403 – AIR X

Potencia

400 vatios @ 12.5 m/s (28 nudos)

Velocidad de arranque

2.7

m/s

Diámetro del rotor

1.15

metros

Número de aspas

3

Material de fabricación aspa

matriz de carbono

Peso

6

kilos

Voltaje

12/24

VDC

Generador

Imanes permanentes (sin escobillas)

Regulador

Incorporado al fuselaje



Torre:

Altura

9 m

Tipo

Tensada

Estructura

Tubo galvanizado 2.0 " (2.8 mm)

Vientos

4 en doble altura

Guaya

Acero de 5/32

Accesorios

Perros, tensores, guardacabos, griletes



Batería:

TROJAN

Ciclo Profundo

Tipo Estacionaria

Capacidad:

140 AH

Voltaje Nominal:

12 VDC

Dimensiones

29 " 17 " 25



Red Principal de Interconexión:

Cableado principal de conducción en cable encauchetado 3 " 8 diseñado para 5% de pérdidas hasta 10 metros de distancia

Conectores apropiados y terminales tipo soldar punchados.

Anexo B. Precio instalación Fotovoltaica.



APROTEC Tecnología Apropiada

Energía Solar Energía Eólica MicrohidroEnergía Biomasa

Call, Abril 10 de 2008

Señores
Universidad Autónoma de Occidente
Attn: Ing.
YURI LOPEZ
3168000 ext: 11383
Cel: 301 450 7064

De acuerdo a su solicitud, adjuntamos presupuesto para el siguiente equipo de energía solar:

Descripción	Un.	Cantidad	Valor Unitario	Valor Paralel
Panel solar Kyocera KC 130 (JAPON)	UN	4	2,103,000	8,412,000
Inversor SUNNYBOY 883000US	UN	1	5,600,000	5,600,000
Subtotal				14,012,000
Iva		18%		2,541,920
Total				16,553,920

Condiciones de la oferta:

Forma de pago:	Contado al entregar.
Plazo de entrega	10 días
Validez:	10 días
Garantía:	Sujeto a condiciones del fabricante.
Paneles solares	El fabricante ofrece garantía limitada de 25 años.
Inversor	El fabricante ofrece garantía limitada de 10 años.

Esperamos que nuestra oferta sea de su agrado y quedamos a su disposición para cualquier pregunta adicional al respecto.

Atentamente,

Ing. Jesús Gómez

APROTEC Calle 15 BN # 9 AN - 42 Call Tel: 6535797
Email: info@aprotec.com.co Web: www.aprotec.com.co

Anexo C. Calculo de demanda laboratorio de vapor.

Realice el censo de carga del laboratorio de vapor dando como resultado una demanda por día de 7.1Kwh.

EQUIPO	CANTIDAD	P (Watt)	V (volt)	I (A) = P/V	No. Horas.día	AH/día= X No. Horas
COMPRESOR 3HP	1	2238	108	20,72222222	2	41,44444444
BOMBA DE AGUA 1/2 HP	1	373	108	3,453703704	2	6,907407407
BC200	1	7,2	108	0,066666667	2	0,133333333
CONTROLAD ORES	1	12	108	0,111111111	2	0,222222222
TOMAS	6	900	108	8,333333333	2	16,66666667
					TOTAL AH/DIA	65,37407407

Para el proyecto de culminación del laboratorio de energías renovables, en la Universidad Autónoma de occidente no hubo necesidad de hacer el cálculo de estimación de la superficie de captación, ya que se tenía un limitante en el presupuesto, la Universidad solo destino la suma de \$20.000.000 para la creación del laboratorio. Luego de varias cotizaciones, se decidió aceptar la presentada por la empresa Aprotec, que además de ofrecer la opción más económica, también colaborarían con el montaje.

Lo que podemos determinar es el rendimiento del panel según radiación y temperaturas, sabiendo que el área de captación es de 4m², el rendimiento del resto del sistema es de .95, la radiación es de 185wh y la energía generada por los seis paneles es de 510w, que para este caso será la energía de demanda.

$$A_{min} = \frac{E_d}{n_s n_p \sum H_i} \quad (5)$$

$$4 = \frac{510}{(0.95) * (n_p) * (185.39)}$$

$$n_p = 0.73$$

Así que sabiendo el rendimiento del panel para la radiación de la ciudad de Santiago de Cali podemos determinar la superficie para satisfacer toda la demanda del laboratorio.

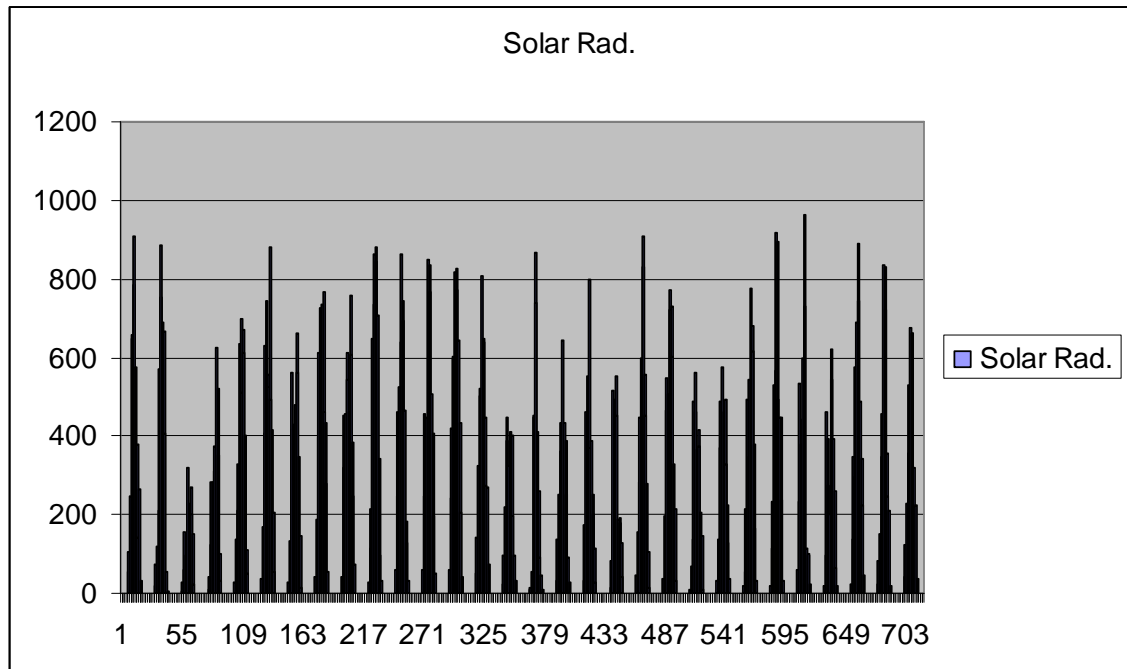
$$A_{min} = \frac{7100}{(0.95) * (0.73) * (185.39)}$$

$$A_{min} = 55m^2$$

Datos.

- Dimensiones de los paneles: 1.007m * 0.652m.
- Numero de paneles: 6 Unidades.
- Los datos de radiación fueron suministrados por la estación meteorológica DAVIS, tomando el mes de septiembre, el cual es el mes con los valores más bajos. (Ver anexo 5)

Anexo D. Datos de radiación proyectados por la estación meteorológica



En la figura se aprecia un diagrama de barras del comportamiento de la radiación solar usado para la realización de cálculos en el sistema solar de la UAO.

La media de los datos es: 185.39 aquí se presentan los valores medidos en un mes tipo. En septiembre de 2009, la radiación no supero los 1000 W/m

Anexo E. Diseño y realización de guías de laboratorio



LABORATORIO No. 1 CALCULO DE DEMANDA

Introducción

El calculo de la demanda permite conocer los equipos que se van instalar, conociendo las fuentes energéticas como sol, agua, viento

En primera instancia se debe encontrar la potencia y energía total consumida o la demanda de la instalación y con base en ello, definir la generación

Objetivo

Definir la cantidad y la capacidad de los equipos como los paneles solares y el aerogenerador que producirán la electricidad

Calculo de la energía de consumo del sistema

- Corriente directa (CD)
- Corriente alterna (CA)
- Calculo del numero de amperes – hora total por día de consumo

Nota: El total de AH/día se multiplica por 3, ya que se debe considerar 3 días sin generar energía por medio de los paneles o aerogenerador (en condiciones de tiempo, mantenimiento, etc.). Este resultado nos indica la capacidad de la batería.

En el siguiente cuadro se observa la forma de cómo se debe realizar un cálculo de demanda.



LABORATORIO 2. SENSORES METEOROLOGICOS. DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO.

OBJETIVOS.

Conocer la estación meteorológica y su funcionamiento.

Identificar los sensores en la estación meteorológica.

MATERIALES.

- Estación meteorológica DAVIS VANTAGE PRO 2 PLUS que posee:
 - Anemómetro y veleta.
 - Tarjeta con circuito de adaptación.
- Fuente de alimentación estabilizada.
- Osciloscopio.
- Generador de señales.
- Multímetro digital.

3.2.3. INTRODUCCION.

La gran influencia que la meteorología ejerce sobre numerosas actividades del hombre hace necesario obtener medidas de sus parámetros más característicos.

Estas medidas no permiten, como es obvio, controlar dichos parámetros, pero permiten decidir las acciones a realizar para aprovecharlos o minimizar su impacto económico y en cierta medida, predecir la evolución futura del sistema.

Dentro de los parámetros meteorológicos característicos destacan, a nivel local: Temperatura del aire, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, presión Barométrica, pluviometría, nivel de radiación solar. En la presente práctica se estudiará el funcionamiento de un medidor de dirección y velocidad del viento. A este tipo de sensores se les denomina veletas y anemómetros.

Veletas:

La veleta es un instrumento que indica, generalmente teniendo en cuenta solo las componentes horizontales, de donde procede el viento. Existen diferentes técnicas, las más utilizadas, la veleta clásica, consiste en un elemento que puede girar libremente alrededor de un eje vertical. Este elemento es asimétrico y presenta una mayor resistencia al aire en uno de sus extremos. Al circular aire, la diferencia de fuerza en sus extremos, genera un par que forza el giro de la veleta alrededor del eje vertical, alcanzando el equilibrio al alinearse con la dirección del viento.

Par convertir este elemento en un medidor electrónico basta asociarlo con un sensor de posición angular (Encoder, Potenciómetro, etc.). En la presentación práctica se utiliza un potenciómetro de 10Kohmios y una vuelta.

Anemómetro:

Existen diferentes técnicas para la medida de la velocidad del aire (cazoleta, hélice, ultrasonidos, hilo caliente, etc.). La más clásica es el anemómetro de cazoletas o hélice. En este tipo de medidor existen unos sistemas de cazoleta (normalmente 3 ó 4) o una hélice que puede girar libremente. El sistema se diseña para que, en el rango de interés, la velocidad de giro de la hélice o conjunto de cazoletas sea proporcional a la velocidad del aire.

Para convertir este conjunto en un medidor electrónico debe asociarse un sensor de velocidad de giro (sensor tacométrico).

En el anemómetro de la presente practica, asociado a la hélice se encuentra un pequeño alternador que genera una salida tipo seno, cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de giro de las aspas y por tanto a la velocidad del aire.

Circuitos de adaptación.

Se entrega un circuito montado para la realización de la práctica. Este circuito se aplica solo al anemómetro.

Dado que la veleta, desde el punto de vista eléctrico es un potenciómetro angular de 10k, de recorrido angular 0 – 360° basta alimentar los extremos de potenciómetro (hilos verdes y negro) con una tensión procedente de la fuente (5 Vdc) y tomar la señal de salida a través del hilo del curso (hilo blanco).

Existe una estrecha zona del recorrido angular cercano a la posición de cero, donde el curso deja de hacer contacto con la pista resistiva. En esta “zona muerta” la salida no estaría definida; para evitar este hecho el fabricante ha añadido una resistencia de alto valor (200K). En comparación con la del potenciómetro, conectada entre el terminal del cursor y el terminal de alimentación.

Para el circuito de adaptación del anemómetro se ha optado por implementación de un convertidor frecuencia – tensión, este circuito se ha diseñado para suministrar a su salida una tensión continua proporcional, dentro de un rango determinado a la frecuencia de la onda seno de entrada.

Actividades.

Conocer la estación – lectura del manual

Medidas de Radiación solar. Con el uso del piranómetro existente en el laboratorio, realice una medición de la radiación solar. Compare este dato con el obtenido por la estación DAVIS.

Medidas pluviometría. Identifique el sensor y el proceso llevado a cabo por la estación para obtener el índice de lluvia. Lea los valores de la estación meteorológica y analice los datos de lluvia.

Medidas de temperatura. Identifique el sensor y observe los datos seriales tomados por la estación.

Viento: velocidad y dirección. Identifique en la estación:

- Anemómetro de cazoletas.
- Veleta

- Observe los valores seriales de la estación, analice y concluya.

Identificaciones en sitio (Visita)

- Estación UAO ubicada en 3^{er} piso de aulas 3.
- Estación desarmada laboratorio química.

El estudiante recibe un archivo en Excel con datos que procesa y grafica.

Realice los gráficos que permitan ver el comportamiento de la variable durante un periodo de tiempo de 1 mes.



LABORATORIO No. 3. ENERGIA FOTOVOLTAICA

Objetivo

- Identificación de todos los elementos de una instalación fotovoltaica aislada.
- Medición de distintas magnitudes para comprobar las características eléctricas de los módulos y resto de elementos.
- Evaluar la demanda y calcular la superficie y cantidad de paneles necesaria así como los acumuladores requeridos para cualquier instalación.

Introducción.

Consiste en el aprovechamiento de la radiación solar para transformarla en energía eléctrica por medio del efecto fotovoltaico.

Las principales ventajas de la energía fotovoltaica son:

- No consume combustible.
- Es silencioso.
- No produce contaminación ambiental
- Tiene una vida útil larga.
- Es resistente a condiciones climáticas extremas.
- No necesita mucho mantenimiento ya que no posee partes mecánicas.
- Es modular.

En Colombia es muy común encontrar sistemas fotovoltaicos en zonas que no están interconectadas con el Sistema de Transmisión Nacional.

Todos los sistemas fotovoltaicos tienen un componente principal, el conjunto de paneles solares. Dichos paneles deben orientarse e inclinarse de forma adecuada para obtener la mayor cantidad de energía solar posible. Los demás componentes dependen de la aplicación que se le dé:

- *Sistemas de electrificación aislados de red:* Caracterizados porque, generalmente, el perfil de consumo eléctrico no coincide con el de producción, lo que hace necesario un elemento de acumulación, siendo más propicio el de energía eléctrica (Baterías). Por otro lado, esta batería conduce a la inclusión de un elemento regulador que será el encargado de evitar la sobrecarga y su sobredescarga.
- *Sistema fotovoltaicos conectados a red:* En este caso no es necesario el sistema acumulador ya que toda la producción se inyecta a la red, pero siendo necesario el inversor para que genere una onda con especificaciones estrictas.

Sistema solar fotovoltaico.

- Módulos fotovoltaicos.
- Estructuras para la instalación de los módulos.
- Regulador solar de carga: Evita sobrecargas y permite conectar equipos de CC.
- Baterías: Permite el almacenamiento de la energía en horas de bajo consumo y alta radiación solar.
- Inversor senoidal:



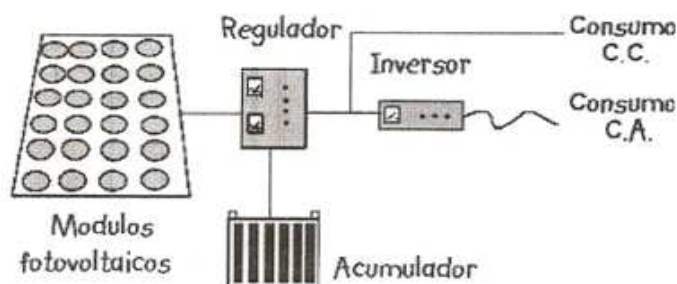
Permite la conexión de equipos de AC. Además avisa en primera instancia de la sobrecarga de las baterías y desconecta la instalación una vez haya sobrepasado el límite establecido para proteger las mismas.

Desarrollo

MODULOS

- Identificación de los componentes del modulo: células, encapsulante, marco, contactos metálicos, diodos de paso, etc.
- Medición de la tensión de circuito abierto y de la intensidad de cortocircuito para un modulo. Contrastar los resultados con los datos del fabricante.
- Comprobar la variación de la V_{ca} y de la I_{cc} para distintas radiaciones.
- Montaje de los soportes para los paneles con la inclinación adecuada, comprobando sus características eléctricas.

Figura. 29. Montaje sistema fotovoltaico.



Fuente: LOPEZ, Yuri. *Energías renovables y eficiencia energética*. Cali: Universidad autónoma de occidente, 2008. 12p.

Inclinación	radiación	Vca (v)	Icc (A)

--	--	--	--

EQUIPO DE ACUMULACION.

. Montaje del equipo de acumulación y cableado

Conexión de baterías:

	V	Capacidad
Dos baterías en serie		
Dos baterías en paralelo		
Cuatro baterías en serie		
Cuatro baterías en paralelo		
Conexión en serie en grupos de dos baterías en paralelo		
Conexión en paralelo en grupos de dos baterías en serie		

Cableado de regulador a baterías y comprobaciones:

Voltaje de carga a baterías (V)	
Intensidad de carga a baterías (I)	

Pequeña instalación de iluminación a 12 V: bombillas en serie en paralelo.

	V	I
Dos bombillas en serie		
Dos bombillas en paralelo		

INVERSOR

Instalación de inversor para consumos en corriente alterna.

Tensión de entrada (V)	
Tensión de salida (V)	

Instalación de iluminación a 220 V: bombillas en serie y en paralelo.

	V	I
Dos bombillas en serie		
Dos bombilla en paralelo		

ESTIMACION DE LA DEMANDA

- Se analiza la instalación y se construye un cuadro de cargas donde se describa los principales equipos, luminarias y los tomacorrientes.
- Se calculan las horas que funciona cada equipo y se define la energía en Wh.
- Se suma la potencia de la casa y la energía por día y por mes.

ESTIMACION DE GENERACION Y SUPERFICIE DE CAPTACION

Conocer la radiación de dicha superficie, con orientación (generalmente al sur), e inclinación deseada, se calcula:

$$A_{mtn} = \frac{E_d}{n_s n_p \sum_n H_i} \quad (5)$$

Donde

A_{mtn} : Superficie mínima efectiva de paneles solares (m²).

E_d : Energía diaria demandada (Wh).

H_i : Radiación solar media horaria (Wh)

n_s : Rendimiento del resto del sistema (regulador, baterías, inversor).

n_p : Rendimiento del panel según radiación y temperaturas.

Si se quiere acumular energía para cubrir la demanda en días nublados, deberá multiplicarse esta superficie por el número de días de reserva deseados.

La energía diaria generada, en caso de un día claro y sin nubes, vendrá dada por

$$E_g = A_{pan} n_s n_p \sum_n H_i \quad (6)$$

Donde

A_{pan} : es el producto del área mínima por los días de reserva (R) = RA_{min}

R = Número de días de reserva.

CALCULO DE LA POTENCIA

No. Teórico de paneles necesarios es:

No Teo pan nece = Wh / día dividido en (W pico* h / día potencia eléctrica 24 horas)

No. Real = Teórico / rendimiento global del sistema

Y se redondea por arriba (Ej.: 7.5 se redondea 8 paneles)

A. TAMAÑO DE LAS BATERIAS.

Las baterías deben de ser capaces de almacenar y devolver la energía diaria demandada mas la reserva. Su capacidad teórica vendrá dada por

$$C_{teo} = \frac{R E_d}{n_b V} \quad (7)$$

Donde

C_{teo} : Capacidad teórica de las baterías (Ah)

R : Número de días de reversa

E_d : Energía diaria demandada (Wh)

V : Tensión de las baterías

n_b : Rendimiento del ciclo carga- descarga de las baterías.

Dado que se aconseja no llegar al agotamiento total de la carga de las baterías, la capacidad real vendrá dada por

$$C_{bat} = \frac{C_{teo}}{f} \quad (8)$$

f : Fracción de carga que se puede consumir sin llegar a su agotamiento total.

Solamente resta el análisis económico o viabilidad para definir la ventaja del sistema.

Tablas de interés

Tabla de relación aproximada entre densidad y estado de carga.

Densidad	1.24	1.23	1.22	1.21	1.20	1.19	1.18	1.17	1.16	1.15
Capacidad (%)	100	94	88	82	75	69	62	56	50	45

Relación temperatura – capacidad

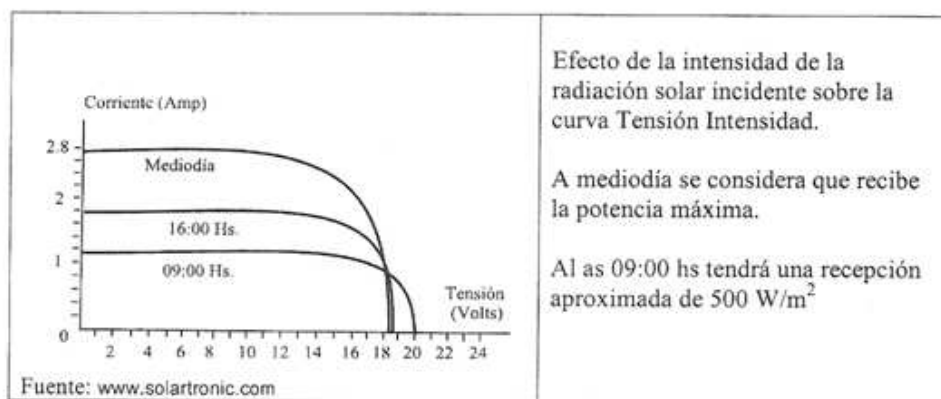
Temperatura (°C)	Capacidad (%)
30	105
25	100
16	90
4	77
-7	63
-18	49
-29	35
-40	21
-51	9

Sección de los cables

Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables bipolares con conductores de cobre aislados con goma y PVC.

Sección nominal (mm ²)	Intensidad (A)
0.75	8
1	10.5
1.5	13
2.5	18
4	25
6	32
10	44
16	59
25	78
35	97
50	115
70	140

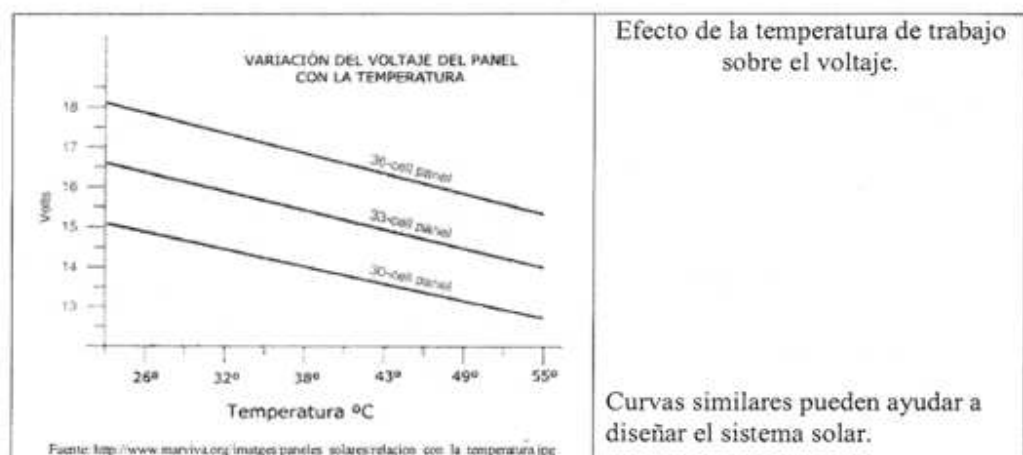
Sección de cables



Efecto de la intensidad de la radiación solar incidente sobre la curva Tensión Intensidad.

A mediodía se considera que recibe la potencia máxima.

Al as 09:00 hs tendrá una recepción aproximada de 500 W/m²



Efecto de la temperatura de trabajo sobre el voltaje.

Curvas similares pueden ayudar a diseñar el sistema solar.

PRESENTACION DEL INFORME

- Explique el funcionamiento de los elementos constitutivos de un sistema fotovoltaico.
- Explique brevemente como se realiza la conversión de energía solar fotovoltaica a eléctrica. Aspecto fotoeléctrico. Conexión en serie y paralelo, ¿Si no contara con instrumentos de medida como verificaría la cargabilidad del sistema y su funcionamiento?
- Presente en tablas todos los datos tomados en la práctica.
- Verifique si se cumplen las diferentes leyes de Kirchhoff en los diferentes montajes.
- Analice ¿hay bajo voltaje de algún panel? ¿la suma del voltaje en los paneles es alta o baja? ¿cómo analiza la carga de la batería?
- Piense y enumere que normas de seguridad debe tener presente al manipular sistemas fotovoltaicos.
- Realice las conclusiones pertinentes.



LABORATORIO 4. ENERGÍA EÓLICA.

Introducción.

La energía eólica es una de las fuentes de energía alternativa que mas potencial de crecimiento ha presentado. Esta tecnología consiste en aprovechar la energía cinética del viento para su transformación en energía eléctrica mediante maquinas rotatorias llamadas aerogeneradores.

Existen deferentes tipos de aerogeneradores, que se diferencian por su potencia, la forma o la posición del rotor y las palas. Los aerogeneradores están formados por un rotor y las palas que son las encargadas de la captación eólica, el multiplicador que adapta la velocidad de giro del rotor a la necesaria para la generación de energía, el generador, que transforma la energía mecánica proveniente del rotor en energía eléctrica, y el sistema de control, que regulara el correcto funcionamiento del aerogenerador acorde con las necesidades requeridas.

Las aplicaciones de la energía eólica es semejante a las aplicaciones de la fotovoltaica, teniendo la ventaja de poder ser utilizados durante las horas de oscuridades, en que la energía solar es completamente inútil, ya que en mayor o menor medida siempre tendremos viento para poder mover las turbinas de transformación de la energía mecánica en eléctrica. Además los sistemas mixtos, que mediante un regulador de carga, conmuta la entrada de uno a otro, dependiendo de las necesidades energéticas, de cual produzca más o menos energía en el momento, y en definitiva de que sistema da más rentabilidad. Así durante el día estará produciendo el sistema fotovoltaico, y durante la noche (o incluso en días nublados), el sistema eólico mantendrá las baterías a plena carga.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

Para ello se cuenta con un pequeño aerogenerador, que convierte la energía cinética del viento en corriente continua, una fuente de aire compuesta de un

motor y un extractor de aire que provocara el viento requerido por el aerogenerador, una resistencia variable y un multiméto que se conectara convenientemente al aerogenerador.

PROCEDIMIENTO.

1. Armar la fuente de viento con un motor de $\frac{1}{2}$ HP, ensamblando en su eje un extractor de aire que nos servirá de ventilador y conectado a un potenciómetro para poder generar distintas velocidades (Ver figura 28).

Figura. 30. Montaje fuente de aire laboratorio de energía eólica.



Fuente: ULIANOV Yuri. Energías renovables y eficiencia energética. Cali – Colombia. Universidad autónoma de occidente 2008 12p.

2. Ubicar la fuente de aire a una distancia del aerogenerador (entre 20- 40 cm) y ponerlo en marcha en la posición de funcionamiento más lenta.

Distancia de la fuente de aire al generador (cm)	
---	--

3. Medir con el multímetro la corriente del cortocircuito.
4. Medir con el multímetro la tensión del vacío.
5. Colocar distintas resistencias midiendo tensión e intensidad.

6. Repetir la operación con la velocidad del funcionamiento más rápida a la misma distancia que el número 3.4.2.2.

7. Completar el siguiente cuadro.

	Posición de la fuente de aire (lento)		Posición de la fuente de aire (lento)	
Resistencia (Ω)	Tensión (V)	Intensidad (mA)	Tensión (V)	Intensidad (mA)
Cortocircuito				
5				
10				
15				
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
100				
150				
200				
300				
500				
1000				
10000				
50000				
100000				
500000				
1000000				
5000000				
10000000				

ACTIVIDADES.

1. Generar la curva característica del aerogenerador correspondiente a la posición 1 de la fuente de viento.

2. Generar la curva característica del aerogenerador correspondiente a la posición lenta y rápida.

PREGUNTAS.

1. ¿Cuál es la potencia máxima de salida del aerogenerador alimentado con la fuente de aire en las distintas posiciones?

2. ¿Qué tipo de corriente se obtiene a la salida del aerogenerador?